



DISERTASI-TE 143597

***SERIOUS GAME* BERBASIS TAKSONOMI BLOOM:
SEBUAH PENDEKATAN ALTERNATIF PENILAIAN
PEMBELAJARAN MATEMATIKA BERBANTUAN
TEKNOLOGI INFORMASI**

**I NYOMAN SUKAJAYA
NRP. 2211301003**

DOSEN PEMBIMBING:

**Prof. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng., Ph.D.
Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T.**

**PROGRAM DOKTOR
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**



DISERTATION-TE 143597

**BLOOM TAXONOMY-BASED SERIOUS GAME:
AN ALTERNATIVE APPROACH TO ASSESSMENT
WITH INFORMATION TECHNOLOGY AID
IN MATHEMATICS LEARNING**

**I NYOMAN SUKAJAYA
NRP. 2211301003**

SUPERVISORS:

**Prof. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng., Ph.D.
Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T.**

**DOCTORAL PROGRAM
ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF TECHNOLOGY INDUSTRY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**

LEMBAR PENGESAHAN DISERTASI

Disertasi disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Doktor (Dr.)
di


Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:


I Nyoman Sukajaya
NRP. 2211301003

Tanggal Ujian : 20 Januari 2016
Periode Wisuda : Maret 2016


Disetujui oleh:


Prof. Ir. Mauridhy Hery Purnomo, M.Eng., Ph.D.
NIP. 195809161986011001


(Pembimbing I)


Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T.
NIP. 196907301995121001

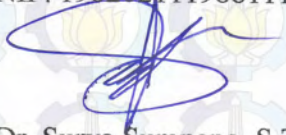
(Pembimbing II)


Prof. Dr. I Nengah Suparta, M.Si.
NIP. 196507111990031003

(Penguji)


Ir. Dadet Pramadihanto, M.Eng., Ph.D.
NIP. 196202111988111001

(Penguji)


Dr. Surya Sumpeno, S.T., M.Sc.
NIP. 196906131997021003

(Penguji)



Mengetahui,
Direktur Program Pascasarjana


Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.
NIP. 196012021987011001

SERIOUS GAME BERBASIS TAKSONOMI BLOOM: Sebuah Pendekatan Alternatif Penilaian Pembelajaran Matematika Berbantuan Teknologi Informasi

Nama Mahasiswa: I Nyoman Sukajaya
NRP : 2211301003
Pembimbing : Prof. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng., Ph.D.
Co-Pembimbing : Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T.

ABSTRAK

Pada penelitian ini dikembangkan sebuah pendekatan baru dalam penilaian pembelajaran matematika berbantuan serious game dengan melibatkan komponen pengetahuan geometri bangun datar jajar genjang dan komponen pedagogi yakni taksonomi belajar menurut Bloom. Pendekatan penilaian ini diusulkan sebagai alternatif baru merekam data pembelajar yang representatif mewakili karakteristik individu mereka. Serious game yang diimplementasikan dikembangkan mengikuti kerangka teknis serious game yang konstruktivis. Tantangan di serious game didistribusikan ke dalam tiga level domain kognitif Bloom yang diimplementasikan di SD: kemampuan mengingat (C1), memahami (C2), dan menerapkan (C3). Serious game juga mengatur level kesukaran tantangan secara dinamis berdasarkan pengalaman pemain pada tantangan sebelumnya. Pengaturan level kesukaran secara dinamis ditujukan agar pemain tidak cepat frustrasi atau bosan dalam permainan.

Serious game yang diimplementasikan dalam penilaian sudah melalui uji penerimaan dan uji tanggapan dari pengguna. Klasifikasi data permainan dilakukan melalui metode *Bayes Net* (BN), *Naïve Bayes* (NB), dan J48. Dalam melakukan klasifikasi, penerapan tiga metode digabungkan dengan dua opsi tes: *cross-validation* dan *percentage split*. Klasifikasi di masing-masing perlakuan dikerjakan dalam sepuluh ulangan melibatkan sub data yang dipilih acak sebagai data pengujian. Hasil pengujian menunjukkan: (1) dari delapan skenario pengujian penerimaan pengguna diperoleh bahwa keseluruhan masukan skenario pengujian memberikan luaran yang sesuai harapan; (2) rata-rata skor respon pengguna yang dikumpulkan menggunakan kuesioner skala Likert dengan lima opsi terletak dalam interval kategori respon positif (59,93); (3) persentase kebenaran klasifikasi tertinggi yang dihasilkan pada klasifikasi data permainan adalah 88,5% yang dihasilkan melalui penerapan metode J48 yang digabungkan dengan opsi tes *percentage split* = 85%. Kategori *agreement* pada penerapan metode J48 dengan opsi tes *percentage split* adalah Baik (78%).

Dari tiga bentuk pengujian disimpulkan bahwa selayaknya metode J48 dipilih dalam melakukan klasifikasi data permainan serta penilaian melibatkan serious game berbasis taksonomi Bloom dijadikan alternatif dalam penilaian pembelajaran materi geometri bangun datar untuk siswa SD kelas 5.

Kata kunci: *serious game*, taksonomi Bloom, Penilaian pembelajaran, Matematika

BLOOM TAXONOMY-BASED SERIOUS GAME: An alternative approach to assessment with information technology aid in mathematics learning.

Name : I Nyoman Sukajaya
NRP : 2211301003
Supervisor : Prof. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng., Ph.D.
Co-Supervisor : Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T.

ABSTRACT

We developed a new approach for mathematics' learning assessment applying a serious game which is called BoTySeGa. This approach was proposed as an alternative way for recording learners' data which are representative to understand the characteristic of learners. The game implemented in assessment involves the three aspects of a serious game: game, knowledge, and pedagogy. We involve the plane geometry of parallelogram for the 5th elementary students and Bloom's taxonomy successively as knowledge and pedagogy aspects of the game. The serious game was developed following the serious game constructivist framework for children's learning. Inside the game; the challenges are distributed into the first three of Bloom's cognitive domain which are implemented in elementary school: remember, understand, and apply. The game system adjusts dynamically challenge's level of difficulty in consideration with players' experience on the previous challenge. This approach is designed to bring players far away of boredom and frustration.

The serious game applied in the proposed assessment has been tested through user acceptance testing and players' respond to the usage of the game in assessment. Gameplay data are classified through three methods i.e.: Bayes Net, Naïve Bayes, and J48. Each method is conducted with two testing options: cross-validation and percentage split. The classification in each treatment is done in ten times of repetition. Test results show that: (1) user acceptance testing involving 85 learners shows that BoTySeGa has fulfilled the learning assessment requirement, (2) the average score of players' response recorded utilizing five-points Likert-type of questionnaire is 59,93, it falls within "Positive" category, (3) the highest percentage of correctly classification of gameplay data is 88,5% which is calculated through classification applying method J48 with percentage split testing option 85%. Level agreement of classification is 0.78 which is Good.

Based on testing results, we suggest the use of J48 method for the classification of gameplay data and support the implementation of mathematics' learning assessment utilizing Bloom's taxonomy-based serious game as an alternative assessment in learning.

Keywords: serious game, Bloom taxonomy, learning assessment, Mathematics

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadapan Tuhan yang Maha Kuasa atas limpahan berkat Nya sehingga penulis dapat merampungkan penulisan disertasi ini. Disertasi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat akademik Program Doktorat Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.

Tidak mudah bagi penulis menyelesaikan penulisan disertasi ini. Banyak hambatan yang penulis hadapi dalam proses penulisan, namun dengan bantuan berbagai pihak, penulisan disertasi dapat diselesaikan dan proses penulisan memberi coretan-coretan baru dalam pengalaman hidup penulis. Melalui kesempatan yang baik ini izinkan penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada berbagai pihak:

1. Pemerintah Republik Indonesia melalui Kementerian Pendidikan Nasional Dirjen Dikti yang telah memberikan dana beasiswa BPPS selama mengikuti studi,
2. Rektor Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)-Surabaya yang menyatakan menerima penulis sebagai mahasiswa baru program S3 angkatan tahun 2011 dan mengusulkan untuk mendapatkan bantuan beasiswa BPPS,
3. Rektor Universitas Pendidikan Ganesha, Dekan Fakultas MIPA, dan Ketua Jurusan Pendidikan Matematika yang telah mengizinkan penulis mengikuti program tugas belajar,
4. Direktur program pascasarjana ITS, Koordinator Program Pascasarjana Teknik Elektro ITS, beserta seluruh staf yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis selama menempuh pendidikan di ITS,
5. Para pembimbing; Prof. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng., Ph.D., selaku Ketua tim pembimbing dan Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T. selaku co-promotor yang tanpa mengenal lelah membimbing, memotivasi dan menasehati penulis selama menempuh studi di Program Doktorat Jurusan Teknik Elektro ITS,

6. Para penguji; Prof. Dr. I Nengah Suparta, M.Si., Ir. Dadet Pramadihanto, M.Eng., Ph.D., dan Dr. Surya Sumpeno, S.T., M.Sc. yang telah banyak memberikan usulan dan saran untuk perbaikan penelitian disertasi,
 7. Supervisor program PKPI: Dr. Michael H.F Wilkinson dan Prof. Dr. Michael Biehl beserta staf dan mahasiswa program doktor di *Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Johann Bernoulli Institute for Mathematics and Computer Science Nijenborgh 9* atas segala bimbingan, penerimaan dan kebersamaan selama mengikuti program PKPI di *University of Groningen*,
 8. Staf dosen dan Karyawan di Jurusan Teknik Elektro ITS yang telah membantu dan mendukung penulis selama melakukan studi di Jurusan Teknik Elektro ITS,
 9. Segenap rekan-rekan mahasiswa S3, S2, dan S1 jurusan Teknik Elektro anggota Lab LIPIST atas segala bantuan, motivasi, dan kerjasamanya,
 10. Anak-anak ku: Ni Made Desi Arisandi dan Komang Ayu Sukma Sri Sucheta beserta Istri Ni Luh Runi yang telah banyak bersabar dan memberikan semangat dan harapan untuk menyelesaikan studi,
 11. Orang tua penulis: I Wayan Gemplek (Ayah) dan Ni Wayan Pugeg (Ibu), beserta semua Saudara dan Keluarga atas dukungan, doa, dan motivasinya, serta
 12. Pihak-pihak lain yang juga telah memberikan bantuan dan dukungan dan belum sempat penulis sebutkan secara satu per satu dalam buku disertasi ini.
- Semoga segala kebaikan yang Ibu dan Bapak telah berikan mendapatkan balasan yang setimpal dari Tuhan yang Maha Pemurah, Pengasih dan Penyayang.

Penulis menyadari bahwa isi disertasi masih jauh dari sempurna, oleh karena itu dengan senang hati penulis menerima kritik dan saran dari semua pihak demi perbaikan tulisan dan pelaksanaan penelitian ke depan.

Akhirnya penulis berharap semoga buku disertasi ini memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan khususnya untuk perkembangan pendekatan penilaian pembelajaran di dunia pendidikan.

Surabaya, Februari 2016

I Nyoman Sukajaya

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| HALAMAN JUDUL | |
| PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI | i |
| LEMBAR PENGESAHAN DISERTASI | iii |
| ABSTRAK | v |
| ABSTRACT | vii |
| KATA PENGANTAR | ix |
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xv |
| DAFTAR TABEL | xvii |
| DAFTAR ALGORITMA | xix |
| DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN | xxi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 7 |
| 1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian | 8 |
| 1.4 Kontribusi dan Orisinalitas penelitian | 9 |
| 1.5 Peta Alur Penelitian | 10 |
| 1.5.1 Penelitian Sebelumnya | 10 |
| 1.5.2 Posisi Penelitian | 12 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 13 |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI | 15 |
| 2.1 Domain Kognitif Taksonomi Bloom | 15 |
| 2.2 <i>Serious Game</i> dan Teori Konstruktivis | 19 |
| 2.3 Penilaian dan <i>Serious Game</i> | 23 |
| 2.4 Profil Pembelajar | 24 |
| 2.5 <i>Bayesian Networks</i> | 25 |
| 2.5.1 Probabilitas Kondisional dan Independensi | 26 |
| 2.5.2 Teorema Bayes | 27 |
| 2.5.3 Variabel Random dan <i>Joint Probability Distribution</i> | 29 |

| | | |
|---------|---|----|
| 2.6 | Agen Cerdas | 30 |
| 2.6.1 | Tipe Agen | 31 |
| 2.6.2 | Agen Pembelajaran | 34 |
| 2.7 | <i>Finite State Machines (FSM)</i> | 36 |
| 2.7.1 | Model-model <i>State Machine</i> | 38 |
| 2.7.1.1 | Matriks Transisi | 38 |
| 2.7.1.2 | <i>State Transition Diagram</i> | 39 |
| 2.7.1.3 | <i>Output (Action)</i> | 40 |
| BAB III | METODE PENELITIAN | 43 |
| 3.1 | Kerangka Umum Pelaksanaan Penelitian | 43 |
| 3.2 | Skenario Permainan | 44 |
| 3.2.1 | Skenario dari Unsur Permainan | 45 |
| 3.2.2 | Skenario dari Unsur Pedagogis | 45 |
| 3.2.3 | Skenario dari Unsur Pengetahuan | 46 |
| 3.3 | Rancangan Permainan Model FSM | 47 |
| 3.3.1 | FSM untuk Kejadian <i>Idle</i> | 47 |
| 3.3.2 | FSM Kontrol Pemain oleh NPC | 47 |
| 3.3.3 | FSM Penyesuaian Kesukaran Tantangan | 48 |
| 3.3.4 | FSM Seleksi Pemain yang Diizinkan Berlanjut ke Level | 49 |
| | Berikutnya | 49 |
| 3.4 | Pengujian Sistem Permainan | 50 |
| 3.4.1 | Pengujian Validitas Konten Tantangan Permainan | 50 |
| 3.4.2 | Pengujian Penerimaan Sistem Permainan | 51 |
| 3.4.3 | Pengujian Respon Pengguna | 52 |
| 3.5 | Pengumpulan Data Permainan | 53 |
| 3.6 | Pengujian Klasifikasi Data Permainan | 55 |
| BAB IV | <i>SERIOUS GAME</i> BERBASIS TAKSONOMI BLOOM SEBAGAI ALTERNATIF PENILAIAN PEMBELAJARAN MATEMATIKA | 59 |
| 4.1 | BoTySeGa | 59 |
| 4.2 | Skenario BoTySeGa | 60 |
| 4.3 | Rancangan Mesin BoTySeGa | 63 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 4.3.1 | Agen Penilaian Pembelajaran | 64 |
| 4.3.2 | Agen Pembelajar | 68 |
| 4.3.3 | Pemetaan Distribusi Tantangan dalam BoTySeGa | 70 |
| 4.3.4 | Basis Data Tantangan Permainan | 72 |
| 4.4 | Pengujian Penerimaan Pengguna | 72 |
| 4.4.1 | Login Access | 75 |
| 4.4.2 | Karakter Tidak Bermain dengan vs. tanpa Navigasi | 76 |
| 4.4.3 | Seleksi Pemain yang Berlanjut atau Berhenti ke/di Satu level Domain | 78 |
| 4.4.4 | Status Pemain Memenangkan Permainan | 80 |
| 4.5 | Respon Pembelajar | 80 |
| BAB V | KLASIFIKASI DOMAIN KOGNITIF PEMBELAJAR MATEMATIKA MENGGUNAKAN METODE BAYES NET, NAÏVE BAYES DAN J48 | 83 |
| 5.1 | Klasifikasi BN, NB, dan J48 | 83 |
| 5.2 | Data Permainan BoTySeGa | 84 |
| 5.2.1 | Jenis, Tipe dan Cakupan Data | 84 |
| 5.2.2 | Pengumpulan Data Permainan | 87 |
| 5.3 | Pre-proses Data Permainan BoTySeGa | 88 |
| 5.4 | Klasifikasi Profil Permainan <i>Serious Game</i> Berbasis Taksonomi Bloom | 92 |
| BAB VI | PENUTUP | 101 |
| 6.1 | Kesimpulan | 101 |
| 6.2 | Rencana Perbaikan ke Depan | 103 |
| | DAFTAR PUSTAKA | 105 |
| | DAFTAR LAMPIRAN | 111 |
| | DAFTAR PUBLIKASI | 147 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 1.1 Diagram Tulang Ikan Penelitian | 13 |
| Gambar 2.1 Taksonomi Bloom | 16 |
| Gambar 2.2 Taksonomi Bloom yang Direvisi | 18 |
| Gambar 2.3 Penataan Kategori pada Taksonomi Bloom yang Direvisi | 19 |
| Gambar 2.4 Kerangka <i>Serious Game</i> Konstruktivis | 21 |
| Gambar 2.5 <i>Zone of Proximal Development</i> | 22 |
| Gambar 2.6 Contoh Struktur BNs | 26 |
| Gambar 2.7 Interaksi Agen dengan Lingkungan melalui Sensor dan Aktuator | 30 |
| Gambar 2.8 <i>Simple-Reflex Agent</i> | 32 |
| Gambar 2.9 <i>Model-Based Reflex Agent</i> | 32 |
| Gambar 2.10 <i>Goal-Based Agent</i> | 33 |
| Gambar 2.11 <i>Utility-Based Agent</i> | 34 |
| Gambar 2.12 <i>Learning-Agent</i> | 35 |
| Gambar 2.13 Definisi <i>State Machine</i> | 37 |
| Gambar 2.14 STD Mesin Penghitung Uang | 40 |
| Gambar 3.1 Kerangka Umum Pelaksanaan Penelitian | 44 |
| Gambar 3.2 Unsur-unsur <i>Serious Game</i> | 45 |
| Gambar 3.3 FSM untuk Kejadian <i>Idle</i> | 48 |
| Gambar 3.4 FSM Kontrol Pemain oleh NPC | 48 |
| Gambar 3.5 FSM untuk Penyesuaian Kesukaran Tantangan | 49 |
| Gambar 3.6 FSM untuk Seleksi Pemain yang diizinkan Berlanjut ke Level Berikutnya | 50 |
| Gambar 3.7 Posisi Pengujian Validitas Konten Tantangan dalam skenario pengetahuan permainan | 50 |
| Gambar 3.8 Mekanisme Pengumpulan Data Permainan | 54 |
| Gambar 3.9 Mekanisme Klasifikasi Data Permainan Individu Pembelajaran | 56 |
| Gambar 4.1 Aturan penentuan level kesukaran dan seleksi status pemain di permainan BoTySeGa | 62 |
| Gambar 4.2 Rancangan Mesin BoTySeGa | 64 |

| | | |
|------------|---|-----|
| Gambar 4.3 | Tampilan UAT untuk Kasus Gagal Melakukan <i>Login Access</i> | 76 |
| Gambar 4.4 | Tampilan UAT untuk Kasus Berhasil Melakukan <i>Login Access</i> | 76 |
| Gambar 4.5 | Dua Jenis Karakter NPC | 77 |
| Gambar 4.6 | Tampilan UAT Pemain yang Diizinkan ke Level Domain Berikutnya | 79 |
| Gambar 4.7 | Tampilan UAT Pemain yang Berhenti di Level Domain Kekinian | 79 |
| Gambar 4.8 | Tampilan UAT Pemain yang Memenangkan Permainan BoTySeGa | 80 |
| Gambar 4.9 | Data Permainan Pemain yang Memenangkan Permainan BoTySeGa | 80 |
| Gambar 5.1 | Visualisasi Triangulasi Data Permainan BoTySeGa | 88 |
| Gambar 5.2 | Pohon Keputusan Metode J48 dengan Opsi Tes <i>Percentage Split</i> untuk Memperoleh Kebenaran Klasifikasi Tertinggi | 97 |
| Gambar 5.3 | Pohon Keputusan Metode J48 dengan Opsi Tes <i>Cross-Validation</i> untuk Memperoleh Kebenaran Klasifikasi Tertinggi Kedua | 98 |
| Gambar 5.4 | Grafik hasil klasifikasi 15% data testing dengan metode J48 pada permainan BoTySeGa. | 100 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 1.1 Matriks Posisi Penelitian pada Penelitian Terkait | 6 |
| Tabel 2.1 Taksonomi Bloom, Padanan nya dan Pilihan Kata Kerja yang Digunakan | 16 |
| Tabel 2.2 Ringkasan Tujuan pada taksonomi Bloom yang Direvisi | 18 |
| Tabel 2.3 Perbedaan antara <i>Game</i> untuk Hiburan dan <i>Serious Game</i> | 20 |
| Tabel 2.4 Matriks Transisi Mesin Penghitung Uang | 38 |
| Tabel 2.5 Bentuk Alternatif dari Matriks Transisi | 39 |
| Tabel 4.1 Rasional penentuan individu pemain yang diizinkan berlanjut / harus berhenti di satu level domain kognitif | 63 |
| Tabel 4.2 Matriks Dua Dimensi Pendistribusian Tantangan BoTySeGa | 71 |
| Tabel 4.3 Pendefinisian Indikator Tantangan Permainan BoTySeGa | 71 |
| Tabel 4.4 Basis Data Pendistribusian Tantangan BoTySeGa | 72 |
| Tabel 4.5 Skenario UAT Permainan BoTySeGa | 73 |
| Tabel 5.1 Data Pemain BoTySeGa Sebelum Versus Sesudah Prosedur Pre-proses Kasus untuk Data Pemain yang Berstatus <i>Game Over</i> pada Tantangan ke-6 | 91 |
| Tabel 5.2 Persentase KK metode BN untuk Opsi Tes <i>Cross-Validation</i> | 93 |
| Tabel 5.3 Persentase KK metode NB untuk Opsi Tes <i>Cross-Validation</i> | 93 |
| Tabel 5.4 Persentase KK metode J48 untuk Opsi Tes <i>Cross-Validation</i> | 94 |
| Tabel 5.5 Persentase KK metode BN untuk Opsi Tes <i>Percentage Split</i> | 94 |
| Tabel 5.6 Persentase KK metode NB untuk Opsi Tes <i>Percentage Split</i> | 95 |
| Tabel 5.7 Persentase KK metode J48 untuk Opsi Tes <i>Percentage Split</i> | 95 |
| Tabel 5.8 Resume KK Data Permainan BoTySeGa Menggunakan Metode BN, NB, dan J48 | 96 |
| Tabel 5.9 Hasil Klasifikasi 15% Data Pengujian dengan Metode J48 pada Permainan BoTySeGa. | 100 |

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

| | |
|----------|---|
| AKn | : Pengetahuan aktual |
| A2H | : <i>Access to Help</i> (Akses ke menu bantuan) |
| BNs | : <i>Bayesian Networks</i> |
| BN | : <i>Bayes Net</i> |
| BoTySeGa | : <i>Bloom Taxonomy-based Serious Game</i> |
| C1 | : Domain kognitif kemampuan mengingat dalam taksonomi Bloom |
| C2 | : Domain kognitif kemampuan memahami dalam taksonomi Bloom |
| C3 | : Domain kognitif kemampuan mengaplikasikan dalam taksonomi Bloom |
| CART | : <i>Classification and Regression Tree</i> |
| CPT | : <i>Conditional Probability Table</i> |
| DDA | : <i>Dynamic Difficulty Adjustment</i> |
| DDCGS | : <i>Dynamic Difficulty Controlling Game System</i> |
| FDC | : <i>Factor of Difficulty Control</i> |
| FFM | : <i>Five Factor Model</i> |
| FSM | : <i>Finite State Machine</i> |
| FUA | : <i>Factor of Users' Adaptation</i> |
| H | : <i>High</i> (level kesukaran tinggi) |
| Hoq | : <i>Higher Order Question</i> |
| KD | : Kompetensi Dasar |
| KK | : Kebenaran klasifikasi |
| KST | : <i>Knowledge Space Theory</i> |
| L | : <i>Low</i> (Level kesukaran rendah) |
| Loq | : <i>Lower Order Question</i> |
| LVQ | : <i>Learning Vector Quantitation</i> |
| M | : <i>Middle</i> (Level kesukaran menengah) |
| MAE | : <i>Mean Absolute Error</i> |
| NB | : <i>Naïve Bayes</i> |
| NPC | : <i>Non Playable Character</i> |
| OCC | : <i>Ortony, Clore, and Collins</i> |

PC : *Playable Character*
R : *Ragu-ragu*
SK : *Standar Kompetensi*
SRS : *System Requirement Specification*
SS : *Sangat Setuju*
S : *Setuju*
STD : *State Transition Diagram*
STS : *Sangat Tidak Setuju*
TS : *Tidak Setuju*
UAT : *User Acceptance Testing*
Vs. : *Versus*
ZPD : *Zone of Proximal Development*

DAFTAR ALGORITMA

| | Halaman |
|---------------|---|
| Algoritma 4.1 | Algoritma pembangkitan tantangan permainan 65 |
| Algoritma 4.2 | Algoritma penentuan level kesukaran tantangan 66 |
| Algoritma 4.3 | Algoritma seleksi pemain yang diizinkan lanjut ke domain kognitif berikutnya 67 |
| Algoritma 4.4 | Algoritma rekam skor 68 |
| Algoritma 4.5 | Algoritma <i>login access</i> 69 |
| Algoritma 4.6 | Algoritma akses menu Help 69 |
| Algoritma 4.7 | Algoritma kirim solusi 70 |
| Algoritma 5.1 | Algoritma penentuan AKn 86 |
| Algoritma 5.2 | Pre-proses ukuran waktu penyelesaian tantangan 89 |
| Algoritma 5.3 | Algoritma Menghitung Frekuensi akses menu Help 90 |

BAB I

PENDAHULUAN

Bab Pendahuluan ini mendeskripsikan latar belakang pentingnya pelaksanaan penelitian, perumusan masalah penelitian, tujuan yang hendak dicapai dan manfaat dari pelaksanaan penelitian, kontribusi dan orisinalitas penelitian, peta alur penelitian, serta sistematika penulisan.

1.1 Latar Belakang

Pembelajaran merupakan upaya yang dilakukan untuk mengubah perilaku pembelajar sehingga menjadikan mereka mampu menolerir peningkatan taraf ketidakpastian, intuitif dan kreatif, serta mampu memanfaatkan keterampilan kognitif mereka dalam menyelesaikan permasalahan. (Jones dkk., 2009)

Tahapan yang dilakukan untuk mencapai tujuan pembelajaran meliputi: perencanaan, pengajaran, dan penilaian. Konsep perencanaan pembelajaran ter-surat dalam (Conole dan Fill, 2005). Perencanaan merupakan praktik membangun pengalaman belajar sehingga akuisisi pengetahuan dan keterampilan menjadi lebih efisien, efektif, dan menarik. Proses perencanaan meliputi: penentuan status awal dan kebutuhan pembelajar, mendefinisikan tujuan akhir pembelajaran, dan menyelipkan beberapa intervensi sebagai bantuan dalam transisi. Pada kondisi ideal proses ini diinformasikan melalui ilmu pengajaran (pedagogi) yang dapat terjadi pada pembelajar saja, dengan bantuan guru, atau dalam sebuah komunitas.

Pengajaran merupakan proses, cara, perbuatan mengajar atau mengajarkan. Proses ini sangat kompleks dan multi sisi. Pada pelaksanaan pengajaran, guru sering dituntut menyulap banyak tugas dan tujuan secara simultan dan fleksibel. Pengajaran dikatakan efektif dan belajar menjadi lebih kaya apabila: (a) guru menyampaikan dengan jelas tujuan pembelajaran, (b) kegiatan pengajaran mendukung pencapaian tujuan pembelajaran dengan melakukan praktik berorientasi tujuan, dan (c) penilaian memberikan peluang kepada pembelajar untuk mendemonstrasikan dan mempraktikkan pengetahuan dan keterampilan yang

dirumuskan pada tujuan serta guru memperoleh umpan balik yang dapat meningkatkan pengajaran selanjutnya.

Penilaian merupakan langkah krusial dalam menentukan apakah perkembangan konsep pembelajar mampu mencapai keterampilan berpikir tingkat tinggi atau tidak (Jones dkk., 2009). Penilaian memiliki fungsi sebagai: (a) alat dalam mengukur capaian tujuan pembelajaran, (b) umpan balik bagi perbaikan pembelajaran, serta (c) sebagai dasar penyusunan pertanggungjawaban ke pihak-pihak pemangku kepentingan. Tujuan dari pelaksanaan penilaian dalam pembelajaran adalah mengefektifkan pemberian pertimbangan atau pembuatan keputusan. Dalam tahapan penilaian ditentukan: (a) apa yang dipelajari oleh pembelajar, (b) bagaimana perilaku pembelajar dalam pembelajaran, serta (c) bagaimana guru melakukan kegiatan mengajar. Hasil penilaian menjawab pertanyaan: (a) apakah pembelajar mempelajari tentang apa yang seharusnya mereka pelajari? dan (b) apakah guru mengajarkan apa yang mestinya mereka ajarkan?. Ketepatan jawaban yang diberikan sangat tergantung dari hasil penilaian yang dilakukan.

Di dalam praktiknya; penilai di dunia pendidikan sangat sering keliru memberi interpretasi pada makna penilaian. Kegiatan penilaian dimaknai hanya sebagai tes formal yang luarannya dalam bentuk skor tes (Sleith, 2011). Oleh karena itu penilaian yang banyak dilakukan meliputi: penilaian formatif dan sumatif (Boston, 2002). Penilaian formatif memiliki karakteristik: penilaiannya dilakukan secara menerus dan bersifat diagnostik. Hasil penilaian formatif diterapkan langsung sebagai perbaikan pembelajaran berikutnya. Penilaian sumatif merupakan penilaian yang dilakukan di akhir pembelajaran. Penilaian sumatif lebih menitikberatkan pada penilaian ketercapaian tujuan pembelajaran. Luaran dari kedua bentuk penilaian ini adalah skor tes.

Kekeliruan dalam menginterpretasi makna penilaian yang diimplementasikan dalam bentuk pelaksanaan tes formatif dan sumatif umumnya melibatkan media kertas (*paper-based*). Luaran penilaian diperoleh dari pendistribusian tes kemampuan kognitif ke pembelajar. Tes formatif maupun sumatif hanya mengukur domain kognitif saja dari tiga domain pembelajaran yakni: kognitif, afektif dan psikomotor. Atribut yang diukur dalam *paper-based* umumnya adalah tunggal, yaitu skor hasil belajar. Pelaksanaan penilaian *paper-based* cenderung dires-

pon negatif oleh pembelajar dan mereka sering merasa terganggu ketika mendengar kata penilaian (Sleith, 2011). Respon negatif pembelajar terhadap penilaian mungkin disebabkan oleh kekeliruan dalam memaknai dan mengimplementasikan kegiatan penilaian atau pengalaman gagal pembelajar dalam kegiatan penilaian sebelumnya.

Dalam prinsip-prinsip penilaian hasil belajar disebutkan bahwa penilaian mesti dilakukan secara komprehensif yang mencakup keseluruhan aspek pembelajaran; valid, dapat diandalkan, serta objektif sehingga menggambarkan kemampuan pembelajar yang sesungguhnya. Penilaian berbasis kertas memberi peluang rendah untuk mengimplementasikan prinsip-prinsip penilaian hasil belajar secara utuh karena beragam alasan. Salah satu alasan di antara beragam alasan tersebut adalah situasi psikologis penilaian berbasis kertas cenderung berpengaruh pada hasil. Respon negatif maupun pengalaman kurang menyenangkan pembelajar pada kegiatan penilaian merupakan contoh kondisi psikologis yang tidak mudah untuk dihilangkan dalam situasi penilaian.

Mengabaikan diagnosis karakteristik pembelajar (selanjutnya ditulis profil pembelajar) dapat menurunkan kinerja mereka dalam pembelajaran yang pada akhirnya memunculkan kesulitan dalam belajar (Chen dkk., 2007). Diagnosis ini sangat dibutuhkan untuk mengetahui pemahaman kekinian pembelajar tentang materi pelajaran, merencanakan perbaikan yang dibutuhkan dalam belajar, menetapkan strategi yang diimplementasikan dalam pembelajaran, serta klasifikasi profil pembelajar. Klasifikasi profil dibutuhkan sedini mungkin secara berkelanjutan sehingga pembelajaran lebih terarah, runtun serta mampu menekan semaksimal mungkin penyimpangan yang potensi terjadi dalam pembelajaran.

Profil pembelajar dipengaruhi oleh peubah yang sangat kompleks serta terkait erat satu dengan yang lain. Kondisi ini berdampak pada kecenderungan ketidakpastian informasi yang diperoleh dalam diagnosis. Oleh karena itu dibutuhkan metode yang potensi digunakan untuk menggambarkan profil pembelajar di bawah informasi ketidakpastian. (Tan dan Tay, 2010) menyatakan bahwa *Bayesian Networks* merupakan metode yang tepat untuk keperluan menggambarkan profil pembelajar di bawah informasi ketidakpastian.

Dengan kemajuan di bidang teknologi, prinsip-prinsip penilaian yang komprehensif, valid, dapat diandalkan, serta objektif memiliki peluang besar untuk dioperasionalkan. Dalam penilaian berbantuan teknologi berbentuk permainan edukatif (*serious game*), pemahaman penilaian keterampilan kognitif tidak disempitkan pada skor saja namun mencakup proses dalam pencapaian tujuan pembelajaran. Penilaian dengan *serious game* mampu memberikan efek perubahan perilaku pemain ke kondisi yang menguntungkan karena individu pemain menyadari dirinya mendapat perlakuan khusus yang membantu mereka mengerjakan tugas-tugas secara lebih efektif. Fenomena ini pertama kali dikenal di *Hawthorne Western Electric Company Factory Jobs* di Chicago antara tahun 1924 sampai 1932 untuk mengidentifikasi kondisi kerja yang mampu meningkatkan produktivitas pekerja di perusahaan tersebut (Roethlisberger dan Dickson, 1939). Peneliti menemukan bahwa terjadi peningkatan produktivitas pekerja ketika menyadari bahwa mereka bekerja dalam kondisi diamati. Fenomena ini selanjutnya dikenal sebagai efek Hawthorne yang berpengaruh positif pada penilaian (Brown dkk., 2009). Efek Hawthorne mirip dengan efek Plasebo yaitu dilakukannya kamuflase sementara perilaku subjek penilaian ke kondisi yang menguntungkan bagi diri subjek. Dengan langkah ini subjek penelitian diharapkan merasa mendapat perlakuan khusus yang membantu mereka melakukan tugas tertentu menjadi lebih efektif. Efek ini dapat dimunculkan melalui penggunaan *serious game* dalam melakukan penilaian karena penggunaan *game* itu menyenangkan dan menghibur, serta ketika digabungkan dengan materi pembelajaran maka *game* dapat menantang pembelajar memainkan *game* dan tetap terlibat sampai tercapainya tujuan pembelajaran (Yusoff, 2010).

Serious game merupakan *game* yang dikembangkan dengan tujuan tidak sekedar memberikan kesenangan kepada pemain, namun diklaim juga memiliki tujuan memberikan pengalaman pengetahuan untuk mencapai tujuan pembelajaran melalui lingkungan yang berbimbing (Susi dkk., 2007). (Um dkk., 2007) dan (Sweetser dan Wyeth, 2005) mengusulkan bahwa *game* semestinya memiliki tantangan bagi pemain untuk selalu tertarik menggunakannya. Dengan demikian pengembangan *serious game* menjadi tidak mudah karena *game* mesti mampu

beradaptasi dengan kemampuan pemain sehingga pemain tidak cepat bosan ataupun frustrasi (Sha dkk., 2010), (Um dkk., 2007) dan (Kujala dkk., 2010).

(Sha dkk., 2010) mendeskripsikan bahwa *game* yang menantang serta klop dengan kemampuan pemain dapat diukur dari: (a) kemampuan *game* memberikan tantangan yang berbeda untuk kemampuan pemain yang berbeda pula, (b) level tantangan menaik seiring dengan perolehan pengalaman serta mampu menaikkan keterampilan pemain dan (c) *game* mesti mampu memberikan tantangan baru pada fase yang tepat.

Pada penelitian ini tantangan *game* diberikan melalui penggunaan materi matematika geometri bangun datar untuk siswa Sekolah Dasar kelas 5 khususnya untuk bangun datar jajar genjang. Penaikan level tantangan dilakukan melalui pengintegrasian domain kognitif dari taksonomi Bloom ke dalam skenario permainan. Tantangan diberikan dari kemampuan berpikir sederhana sampai pada kemampuan berpikir kompleks. Dengan demikian, secara penalaran penaikan level tantangan akan bergerak mengiringi perolehan pengalaman pengetahuan pemain dalam menggunakan *game* serta mampu mendongkrak keterampilan pemain. Ada taksonomi lain yang terkait domain kognitif, tetapi pilihan pada taksonomi Bloom didasarkan pada fakta bahwa taksonomi ini:

- a) dikenal luas dan akrab dengan kalangan akademik,
- b) generik dan dapat diterapkan di sebagian besar mata pelajaran, dan
- c) mudah diaplikasikan untuk beragam tipe pertanyaan dikarenakan kesederhanaan oleh strukturnya. (Jones dkk., 2009).

Acuan lain dalam menggunakan taksonomi Bloom adalah hasil penelitian yang dilakukan oleh Kolb, Biggs dan Collis, Haring, Marton dan Säljö, serta Gagné dalam (Swart, 2010) yang menyatakan bahwa pembelajar perlu dibantu dalam:

- a) mulai berpikir mandiri hingga ke pemahaman lanjut,
- b) mengembangkan keterampilan intelektual untuk promosi pemikiran ilmiah,
- c) mengaitkan perbedaan ide untuk bersama membentuk gambaran yang lebih besar,
- d) generalisasi dan adaptasi prinsip-prinsip lintas beragam konteks,
- e) pengelompokan informasi ke bidang tertentu, dan

- f) merefleksi pengalaman dan membangun makna dari pengalaman-pengalaman tersebut.

Selain melalui penjenjangan domain kognitif Bloom, penyesuaian level tantangan *game* dengan kemampuan berpikir pemain juga diakomodir melalui penjenjangan soal-soal matematika yang digunakan sebagai konten dari tantangan *game*. Pada penelitian ini persoalan matematika yang disiapkan didistribusikan ke dalam tiga level kesukaran yakni: rendah (*Low L*), menengah (*Middle M*) dan tinggi (*High H*). Pemunculan level kesukaran soal-soal matematika yang dijadikan tantangan bagi pemain diatur melalui aturan permainan yang melekat pada *game*.

Beberapa penelitian telah dilakukan terkait dengan penggunaan *game* dalam penilaian. Data penelitian, teknik yang digunakan serta bentuk penilaian yang telah dilakukan ditunjukkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Matriks Posisi Penelitian pada Penelitian Terkait

| Peneliti/ Tahun (1) | Teknik yang digunakan (2) | Klasifikasi yang Dilakukan (3) |
|---|--|---|
| Ahmad dan Shamsuddin, (2010) | <i>Rough Set</i> | Klasifikasi gaya belajar-IFS |
| M. A. Syufagi, M. Hariadi, dan M. H. Purnomo, (2011a) | <i>Learning Vector Quantitation (LVQ)</i> | Klasifikasi keterampilan kognitif pembelajar |
| M. A. Syufagi, P. M. Hery, dan M. Hariadi, (2011b) | LVQ dengan Petri Net | Klasifikasi keterampilan kognitif pembelajar |
| Zaina dan Bressan, (2008) | Penggunaan Arsitektur yang merealisasikan evaluasi profil pembelajar (LearnPES) | Klasifikasi profil pembelajar |
| Conati dan Zhou (2002) | <i>Cognitive Theory of emotions (OCC model)</i> | Penilaian emosi pembelajar pada <i>game</i> pendidikan melalui pemodelan domain afektif |
| Zhang dkk., (2007) | <i>Bayesian Networks</i> | Membangun sistem Penilaian cerdas berdasar- kan pengalaman pembelajar |
| Conlan dkk., (2009) | <i>Knowledge Space Theory (KST)</i> | Penggunaan pendekatan penilaian keterampilan wak- tu nyata untuk personalisasi <i>game</i> |

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| Sha dkk. (2010) | <i>Dynamic Difficulty Adjustment (DDA)</i> | Penerapan DDA sebagai pendekatan untuk memberikan level tantangan yang tepat pada <i>game</i> |
| Um dkk., (2007) | <i>Factor of Difficulty Control (FDC) dan Factor of Users' Adaptation (FUA)</i> | Penerapan FDC dan FUA untuk Pengontrolan kesukaran <i>game</i> secara otomatis |
| Lopes dan Bidarra (2011) | | Survei penelitian-penelitian terkini yang terkait dengan adaptasi <i>game</i> |
| Van Lankveld dkk. (2011) | Korelasi hasil pengukuran manual dengan perilaku yang diperoleh dari permainan | Mengkaji kemungkinan menggunakan perilaku pembelajar dalam <i>game</i> untuk mengidentifikasi profil kepribadian mereka |
| Sukajaya dkk. (2012) | <i>Muti-paramater Box-Muller Gaussian Distribution</i> | Merancang skenario pengaturan level kesukaran <i>game</i> secara dinamis untuk klasifikasi kemampuan pengguna |
| Tan dkk. (2011) | <i>Adaptive Uni-chromosome Controller Adaptive Dwi-chromosome Controller</i> | Meningkatkan kepuasan pengguna dengan penskalaan level kesukaran <i>game</i> pada saat <i>game</i> dimainkan |
| De Bruyn dkk., (2011) | | Mengintegrasikan taksonomi Bloom ke dalam Penilaian berbasis komputer online bentuk pilihan ganda untuk mengukur kemampuan kognitif level atas. |
| Swart (2010) | | Mengintegrasikan taksonomi Bloom ke dalam Penilaian berbasis komputer <i>online</i> bentuk pilihan ganda untuk mengukur kemampuan kognitif di bidang teknik |

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan data pada Tabel 1.1, penelitian terkait penggunaan *game* dalam penilaian telah banyak dikerjakan untuk klasifikasi profil pengguna dengan tujuan untuk meningkatkan kepuasan pengguna menggunakan *serious game*. Dasar yang digunakan dalam melakukan klasifikasi adalah perilaku pengguna dalam *game*. Beberapa peneliti juga telah mengintegrasikan taksonomi Bloom

dalam mengembangkan persoalan yang dijadikan tantangan dalam *game* (Swart, 2010) dan (De Bruyn dkk., 2011).

Dari penelitian yang telah dilakukan peneliti, keterlibatan gabungan domain kognitif taksonomi Bloom dengan distribusi level kesukaran tantangan belum pernah diintegrasikan ke dalam *serious game* sebagai suatu usulan penelitian. Pengintegrasian ini ditujukan untuk memberikan pengalaman penilaian berjenjang dimulai dari jenjang yang paling sederhana ke jenjang yang lebih kompleks. Berdasarkan analisis tersebut maka pada penelitian ini dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut.

- a) Bagaimana skenario *serious game* yang menerapkan tahapan domain kognitif taksonomi Bloom dipadukan dengan pengaturan level kesukaran tantangan permainan yang dinamis untuk alternatif penilaian pembelajaran matematika?
- b) Bagaimana respon pengguna terhadap penggunaan penilaian pembelajaran berbasis *serious game* yang menerapkan hirarki belajar Bloom dipadukan dengan pemunculan level kesukaran soal yang disesuaikan dengan kemampuan individu pemain?
- c) Seberapa tepat data penilaian pembelajaran berbasis *serious game* yang menerapkan hirarki belajar Bloom dipadukan dengan pemunculan level kesukaran dapat dijadikan masukan dalam klasifikasi profil pembelajar?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Secara umum penelitian bertujuan mengembangkan sebuah pendekatan yang baru dalam penilaian pembelajaran matematika dengan melibatkan tahapan domain kognitif taksonomi Bloom dalam penjenjangan tantangan dipadu dengan pemunculan level kesukaran yang menyesuaikan dengan kemampuan individu pemain. Lebih spesifik, tujuan penelitian meliputi:

- a) menghadirkan alternatif penilaian pembelajaran matematika yang: kerangka teknis pengembangannya mengikuti kerangka *serious game* yang konstruktivis, mampu mereduksi respon negatif pemain terhadap kegiatan penilaian, merekam lebih banyak atribut yang berkaitan dengan karakteristik individu pemain, dan mengikuti hirarki belajar dari sederhana ke kompleks, serta

- b) melibatkan komponen pedagogi dalam bentuk hirarki belajar menurut Bloom dan pengetahuan geometri bangun datar jajar genjang untuk siswa SD kelas 5 bersama-sama dengan teori permainan dalam membangun alternatif penilaian pembelajaran matematika yang prospektif mendukung objektivitas penilaian.

Manfaat yang dihasilkan dari penelitian adalah hadirnya alternatif penilaian pembelajaran matematika berbasis *serious game* yang menerapkan hirarki belajar Bloom dipadukan dengan pemunculan level kesukaran soal yang dinamis. Kehadiran alat penilaian alternatif ini dibutuhkan untuk mendapatkan data penilaian yang lebih lengkap dan alami mewakili individu pembelajar. Sebagai muaranya; keputusan yang dibuat sebagai tindak lanjut dari hasil penilaian menjadi lebih objektif. Kondisi psikologis umum yang dijumpai dalam prosedur penilaian dalam bentuk respon negatif dapat dikurangi.

1.4 Kontribusi dan Orisinalitas Penelitian

Kontribusi dari pelaksanaan penelitian adalah pada upaya menyediakan alternatif penilaian pembelajaran matematika yang lebih beragam, prospektif memberikan hasil penilaian yang mampu mereduksi pengaruh unsur subjektif dalam pembuatan keputusan. Dengan direduksinya pengaruh unsur subjektif dalam membuat keputusan terkait perbaikan perencanaan pembelajaran, maka pembelajaran akan lebih terarah dan tujuan yang dicapai tidak menyimpang dari tujuan semula. Orisinalitas penelitian ada pada pertimbangan melibatkan unsur pedagogis yakni hirarki belajar menurut Bloom dan unsur pengetahuan yakni materi geometri bangun datar jajar genjang untuk siswa SD kelas 5 ke dalam unsur *serious game*. Keterlibatan unsur pedagogis yang dipadukan pemunculan level kesukaran tantangan logikanya mendukung kerangka pengembangan *serious game* yang konstruktivistik. *Serious game* yang melibatkan unsur pedagogis belum pernah ada sehingga ini diduga menjadi penyebab penggunaan *serious game* sebagai alternatif penilaian belum mendapat tanggapan serius dari kalangan pengajar (Chen dan Michael, 2005).

1.5 Peta Alur Penelitian

1.5.1 Penelitian Sebelumnya

Penelitian-penelitian yang sudah dilakukan peneliti sebelumnya yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Perbandingan unjuk kerja metode klasifikasi: *Bayes Network (Naïve Bayes dan Bayes Net algorithm)*; *Tree dengan pruning algorithms (J48, NBtree, random tree dan classification and regression tree (CART))*; dan *rule classification (Conjunctive Rule, Decision Table dan DTNB)* (Ahmad dan Shamsuddin, 2010). Perbandingan unjuk kerja metode ini diaplikasikan untuk klasifikasi gaya belajar pembelajar menurut model Felder dan Silverman. Empat parameter yang dicermati dalam komparasi yaitu: kebenaran akurasi, Kappa statistik, kesalahan pelatihan dan waktu yang digunakan.
2. Klasifikasi keterampilan kognitif pembelajar menggunakan metode LVQ (Syufagi dkk., 2011a). Syufagi dkk. melakukan klasifikasi keterampilan kognitif pembelajar menggunakan *serious game* dan melibatkan tiga parameter masukan: (a) frekuensi pemain memenangkan *game*, (b) frekuensi pemain kalah dalam *game* dan (c) frekuensi pemain keluar dari *game*. Dimensi klasifikasi meliputi: coba-coba salah (*trial and error*), seksama (*carefully*) dan ahli (*expert*). (Syufagi dkk., 2011b) juga melakukan pemodelan *serious game* berdasarkan klasifikasi keterampilan kognitif menggunakan LVQ dengan Petri Net.
3. Zaina dan Bressan, (2008) membangun arsitektur sistem LearnPES yang merealisasikan evaluasi profil pembelajar berdasarkan kategori kesenangan pembelajar. Kategori yang dimaksud mengacu pada gaya belajar Felder dan Silverman. Arsitektur dibangun untuk mengobservasi proses dan mengidentifikasi profil pembelajar.
4. Conati dan Zhou, (2002) membangun model probabilistik untuk menilai reaksi emosional pembelajar ketika berinteraksi dengan *game* pendidikan. Model mengacu pada jejaring keputusan dinamis (*dynamic decision network*) berdasarkan teori kognitif emosi (OCC) dan pengamatan studi dua pengguna.

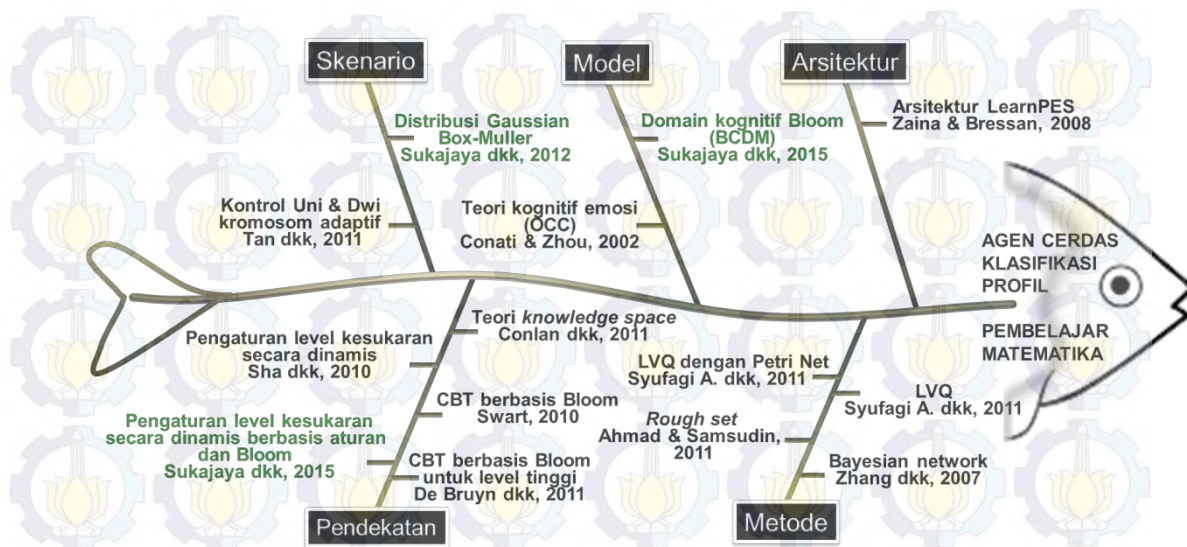
5. Zhang dkk., (2007) mengajukan model penilaian berdasarkan jejaring Bayesian (*Bayesian Networks*) yang menilai status pemain melalui pemetaan pengetahuan setelah mendapatkan dan menganalisis hasil tes. Peta pengetahuan disusun dalam bentuk diagram pohon yang mencakup bab, seksi, sub-seksi dan konsep kunci.
6. Conlan dkk., (2009) mengajukan sebuah pendekatan penilaian keterampilan pembelajar secara waktu nyata yang dibutuhkan untuk personalisasi pembelajaran. Penelitian ini merupakan bagian proyek yang didanai ELEKTRA *European Commission* dan menitikberatkan pada pemodelan akuisisi pengetahuan pembelajar yang didapat dalam waktu yang singkat.
7. Sha dkk., (2010) mengusulkan pendekatan *dynamic difficulty adjustment* (DDA) untuk menghasilkan ketepatan level tantangan untuk pemain. Ada dua pendekatan DDA yang diajukan: DDA dengan "*time-constraint-CI*" dan "*knowledge-based-time-constraint-CI*".
8. Um dkk., (2007) mengusulkan *Dynamic Difficulty Controlling Game System* (DDCGS) menggunakan faktor pengontrol kesukaran (*factor of difficulty control* (FDC)) dan faktor adaptasi pengguna (*factor of users' adaptation* (FUA)). FDC dikaitkan dengan kecepatan permainan dan FUA dikaitkan dengan skor yang diperoleh.
9. Lopes dan Bidarra, (2011) melakukan survei penelitian-penelitian terkini di bidang adaptif *game*, mengidentifikasi dan mendiskusikan tantangan umum dan menyajikan beberapa arahan menjanjikan di masa depan. Survei meliputi: tujuan adaptasi sebagai prinsip yang dapat mengarahkan adaptasi dan mesin pembangkit.
10. Van Lankveld dkk., (2011) menginvestigasi kemungkinan identifikasi profil kepribadian pemain melalui perilaku mereka dalam *game*. Pengukuran dilakukan melalui dua cara yaitu: pengukuran secara manual menggunakan kuesioner NEO-PI-R dan pengukuran perilaku pemain melalui *game*. Pengukuran didasarkan pada *five factor model* (FFM) yang meliputi: (a) keterbukaan pada pengalaman baru, (b) kesadaran, (c) arahan kepentingan dari pihak luar (*extraversion*), (d) keramahan, dan (e) karakter kepribadian yang ditandai oleh kecemasan (*neuroticism*).

11. Sukajaya dkk., (2012) mengusulkan skenario pengaturan kesukaran permainan menggunakan parameter μ dan σ . Kesukaran soal didistribusikan ke dalam dua dimensi yaitu dimensi domain kognitif menurut taksonomi Bloom dan lima level kesukaran.
12. Tan dkk., (2011) mengusulkan dua algoritma adaptif yang menggunakan ide dari belajar dengan penguatan dan komputasi evolusioner untuk meningkatkan kepuasan pengguna dengan menskalakan kesukaran permainan pada saat *game* dimainkan.
13. De Bruyn dkk., (2011) mengintegrasikan taksonomi Bloom ke dalam tes berbasis komputer *online* bentuk pilihan ganda untuk menilai kemampuan kognitif level atas (aplikasi, sintesis, analisis dan evaluasi) dari pembelajar.
14. Swart, (2010) mengintegrasikan taksonomi Bloom ke dalam tes berbasis komputer *online* bentuk pilihan ganda untuk menilai kemampuan kognitif pembelajar di bidang teknik.

1.5.2 Posisi Penelitian

Penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah mengembangkan sebuah alternatif penilaian pembelajaran matematika yang baru berbasis *serious game*, melibatkan unsur pedagogis (taksonomi Bloom) dan unsur pengetahuan (materi geometri bangun datar jajar genjang). Kedua unsur ini dipadukan dengan pemunculan level kesukaran soal secara dinamis. Secara garis besar, penelitian yang dilakukan meliputi perancangan: skenario permainan, basis data pengetahuan tantangan permainan, pengujian penerimaan dan respon pengguna dan klasifikasi profil pembelajar menggunakan data yang dikumpulkan dari penggunaan *serious game*.

Gambaran terkait penelitian yang dilakukan pada pekerjaan penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Keterangan:

Teks warna hijau : penelitian yang dilakukan pada penelitian ini

Teks warna hitam: penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti lain.

Gambar 1.1 Diagram Tulang Ikan Penelitian

1.6 Sistematika Penulisan

Buku disertasi ini terdiri dari enam Bab. Bab pertama adalah Bab Pendahuluan yang mendeskripsikan latar belakang mengapa penelitian ini penting dilakukan, perumusan masalah penelitian, tujuan yang hendak dicapai dan manfaat yang diharapkan dari pelaksanaan penelitian, kontribusi dan orisinalitas penelitian, peta alur penelitian, dan sistematika penulisan buku disertasi. Bab 2 adalah Bab yang mencantumkan hasil kajian studi literatur yang meliputi: domain kognitif taksonomi Bloom, *serious game*, penilaian dan *serious game*, profil pembelajar, *Bayesian Networks*, agen cerdas, dan *Finite State Machines* (FSM). Di Bab 3 dideskripsikan pengorganisasian pelaksanaan penelitian yang meliputi: kerangka umum pelaksanaan penelitian, skenario permainan, rancangan permainan model FSM, pengujian rancangan dan prototipe, pengumpulan data permainan, dan pengujian klasifikasi data permainan.

Hasil penelitian ditampilkan di dua Bab berikutnya yaitu Bab 4 dan Bab 5. Di Bab 4 dideskripsikan rancangan permainan berbasis taksonomi Bloom, pengujian penerimaan pengguna, dan tanggapan pengguna terhadap penggunaan permainan berbasis taksonomi Bloom sebagai alternatif penilaian pembelajaran

matematika. Di Bab 5 dibahas klasifikasi data permainan melibatkan tiga metode klasifikasi: *Bayes Net* (BN), *Naïve Bayes* (NB) dan J48. Pembahasan di Bab ini meliputi: klasifikasi BN, NB, dan J48, data permainan *Bloom taxonomy-based serious game* (BoTySeGa), pre-proses data permainan, dan klasifikasi profil permainan berbasis taksonomi Bloom.

Pembahasan buku disertai diakhiri dengan Bab Penutup. Bab Penutup menuangkan kesimpulan dari hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan dan menyampaikan rencana pelaksanaan ke depan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

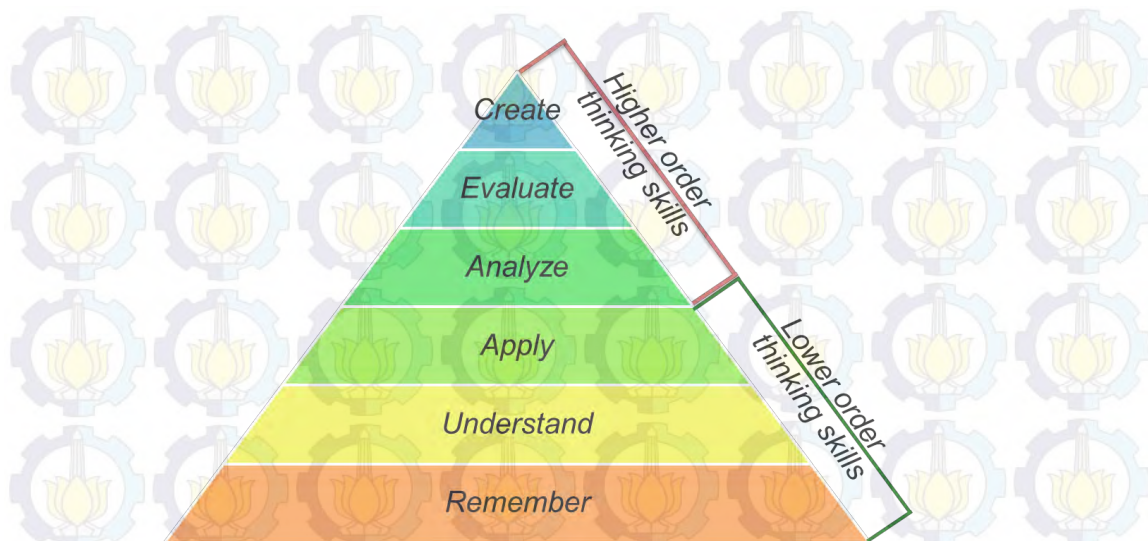
Pada Bab Kajian Pustaka dan Dasar Teori dibahas hasil-hasil pengkajian pustaka yang meliputi: domain kognitif taksonomi Bloom, *serious game* dan teori konstruktivisme, penilaian dan *serious game*, profile pembelajar, *Bayesian Networks*, agen cerdas, dan *finite state machines* (FSM).

2.1 Domain Kognitif Taksonomi Bloom

Pada tahun 1950-an Benjamin Bloom mengembangkan sebuah taksonomi pembelajaran yang selanjutnya dikenal dengan taksonomi Bloom. Taksonomi sendiri didefinisikan sebagai perangkat klasifikasi proses kognitif siswa yang tercakup di dalam tujuan pembelajaran (Highley dan Edlin, 2009), (Swart, 2010). Bloom membuat klasifikasi pembelajaran ke dalam tiga domain psikologi yakni: domain kognitif, afektif dan psikomotor. Domain kognitif terkait dengan pemrosesan informasi; domain afektif terkait dengan sikap dan perasaan; sedangkan domain psikomotor terkait dengan keterampilan memanipulasi atau keterampilan fisik (Bloom, 1956).

Taksonomi Bloom lebih melihat sisi keterampilan kognitif siswa. Di awal Bloom membagi keterampilan kognitif siswa menjadi enam kategori: (a) *knowledge*, (b) *comprehension*, (c) *application*, (d) *analysis*, (e) *synthesis* dan (f) *evaluation*. Kategori ini disusun dalam urutan dari keterampilan berpikir sederhana/rendah ke kompleks/tinggi. Masing-masing kategori dinyatakan memakai kata benda. Keterampilan berpikir paling sederhana digambarkan paling bawah seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1.

Kemampuan kognitif yang diharapkan dimiliki siswa, penjelasan singkat, persamaan kata, ilustrasi kata kerja yang digunakan dalam penilaian, serta tingkat kesukaran di masing-masing domain kognitif dari taksonomi Bloom diberikan pada Tabel 2.1.



Gambar 2.1 Taksonomi Bloom (Gambar dikutip dari Krathwahl, 2002)

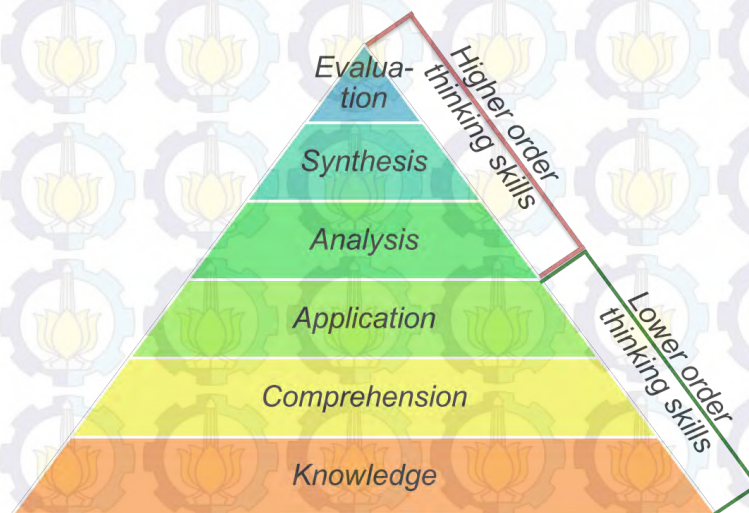
Tabel 2.1 Taksonomi Bloom, Padanan nya dan Pilihan Kata Kerja yang Digunakan

| <i>Objective</i> | <i>Definition</i> | <i>Synonyms</i> | <i>Illustrative verbs</i> | <i>Level</i> |
|-------------------|--|--------------------------------------|---|--|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| <i>Evaluation</i> | <i>Judging the value of the system based on given criteria</i> | <i>Estimate assessment</i> | <i>Justify, conclude, evaluate, verify, confirm, determine, analyze</i> | <i>Highest level dependent on students reasoning ability</i> |
| <i>Synthesis</i> | <i>Putting together elements/parts to form a system</i> | <i>Combination, fusion, creation</i> | <i>Generate, combine, construct, formulate, propose, assemble, design, predict, improve</i> | <i>Higher order question (Hoq)</i> |

| | | | | |
|----------------------|--|---|--|--|
| <i>Analysis</i> | <i>Breakdown of a system into its elements/parts</i> | <i>Study Scrutiny Breakdown</i> | <i>Distinguish, compare, contrast, differentiate, classify, categorize</i> | <i>Higher order question (Hoq)</i> |
| <i>Application</i> | <i>The use of abstractions in particular and concrete situations</i> | <i>Use Purpose Appliance</i> | <i>Change, demonstrate, modify, solve, use, show, calculate</i> | <i>Higher order question (Hoq)</i> |
| <i>Comprehension</i> | <i>Translation, Interpretation and Extrapolation of elements/parts</i> | <i>Understanding Grasp</i> | <i>Explain, convert, estimate, rearrange, summarize, derive, review, relate</i> | <i>Lower order question (Loq)</i> |
| <i>Knowledge</i> | <i>Recall or recognition of specific elements/parts</i> | <i>Information Facts Data</i> | <i>Name, List, State, define, describe, label, sketch, discuss, identify, select, insert, complete</i> | <i>Lowest level dependent on students memory ability</i> |

Di tahun 1990-an, mantan murid Bloom Lorin Anderson dan D Krathwohl merevisi taksonomi Bloom dan mempublikasikan revisiannya di tahun 2001. Yang menjadi kunci pada taksonomi Bloom yang direvisi adalah penggunaan kata kerja sebagai pengganti kata benda pada taksonomi Bloom yang semula untuk mewakili masing-masing kategori. Di samping itu juga dilakukan penataan

ulang urutan kategori di dalam taksonomi Bloom yang direvisi. Lorin dan Krathwohl menilai kreativitas memiliki domain kognitif lebih tinggi dari evaluasi. Taksonomi Bloom yang direvisi ditunjukkan pada Gambar 2.2 sedangkan penataan ulang yang dilakukan ditunjukkan melalui Gambar 2.3. Ringkasan tujuan dalam taksonomi Bloom yang direvisi ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

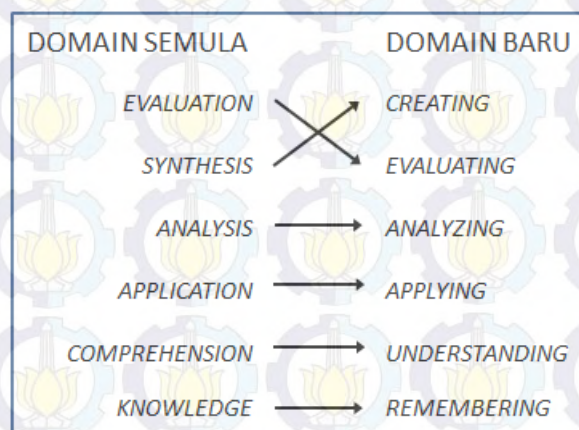


Gambar 2.2 Taksonomi Bloom yang Direvisi
(Gambar dikutip dari Krathwahl, 2002)

Tabel 2.2 Ringkasan Tujuan pada taksonomi Bloom yang Direvisi

| <i>Objectives</i> | <i>Definition</i> | <i>Verbs</i> |
|-------------------|--|--|
| <i>Create</i> | <i>Retrieve knowledge from long-term memory</i> | <i>Assemble, construct, create, design, develop, formulate, write</i> |
| <i>Evaluate</i> | <i>Construct meaning from instructional messages, including oral, written, and graphic communication</i> | <i>Appraise, argue, defend, judge, select, support, value, evaluate</i> |
| <i>Analyze</i> | <i>Applying a procedure to a familiar task</i> | <i>Appraise, compare, contrast, criticize, differentiate, discriminate, distinguish, examine, experiment, question, test</i> |
| <i>Apply</i> | <i>Break material into its constituent parts and</i> | <i>Choose, demonstrate, dramatize, employ, illustrate, interpret,</i> |

| | | |
|-------------------|--|---|
| | <i>determine how the parts relate to one another and to an overall structure or purpose</i> | <i>operate, schedule, sketch, solve, use, write</i> |
| <i>Understand</i> | <i>Make judgments based on criteria and standards</i> | <i>Classify, describe, discuss, explain, identify, locate, recognize, report, select, translate, paraphrase</i> |
| <i>Remember</i> | <i>Put elements together to form a coherent or functional whole; reorganize elements into a new pattern or structure</i> | <i>Define, duplicate, list, memorize, recall, repeat, state</i> |



Gambar 2.3 Penataan Kategori pada Taksonomi Bloom yang Direvisi
(Gambar dikutip dari Krathwahl, 2002)

2.2 *Serious Game* dan Teori Konstruktivis

Di awal evolusinya ungkapan "*serious game*" yang disematkan untuk *game* yang digunakan untuk pendidikan, pelatihan, layanan kesehatan atau masyarakat ditemukan dalam novel berbahasa Swedia "*Den allvarsamma leken*" yang terjemahannya dalam bahasa Inggris adalah "*The Serious game*". Novel itu ditulis di tahun 1912. Ide yang sama dapat ditemukan pada (Harfield, 2010). Ungkapan *serious game* dengan makna yang paling dekat dengan pengertian

kekinian, pertama kali digunakan di sebuah buku berjudul "*Serious game*" (Abt, 1970). Semenjak itu banyak kreasi ditemukan dalam kaitan dengan ungkapan "*serious game*". Mereka semua mengikuti pendahulunya yang ditulis di paper Ben Sawyer yang berjudul "*Serious games: Improving Public Policy through Game-based Learning and Simulation*" (Sawyer dan Rejeski, 2002). Definisi-definisi yang lain terkait "*Serious Games*" dijumpai pada (Bergeron, 2006) (El-Nasr dkk., 2013) (Cannon-Bower, 2010) (Loh dan Seng, 2014). Mereka semua setuju dengan ide bahwa *serious game* berbeda dari *game* lain karena adanya kemampuan transfer pengetahuan. (Susi dkk., 2007) melihat perbedaan ini dari dua perspektif yakni: desain dan pengembangannya. Tabel 2.3 menyajikan rangkuman perbedaan *serious game* dengan *game* untuk hiburan.

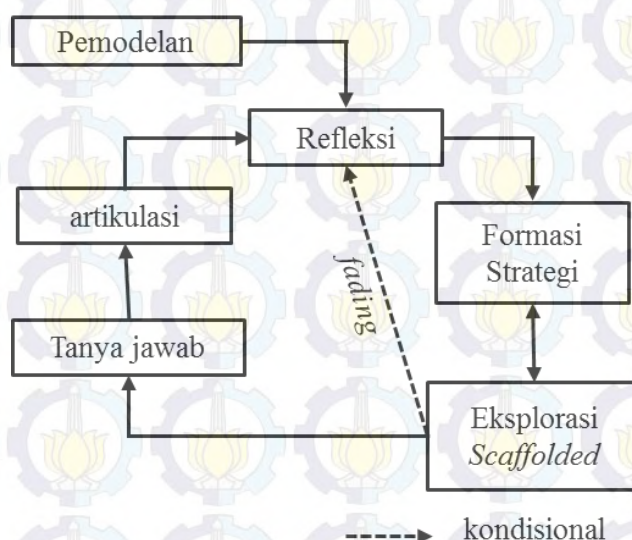
Tabel 2.3 Perbedaan antara *Game* untuk Hiburan dan *Serious Game*

| | <i>Serious Game</i> | <i>Game</i> untuk Hiburan |
|--------------------------------|---|-------------------------------------|
| Tugas vs. pengayaan pengalaman | Fokus pada pemecahan masalah | Lebih disukai memperkaya pengalaman |
| Fokus | Elemen-elemen penting pembelajaran | Memperoleh kesenangan |
| Simulasi | Asumsi menjadi keharusan agar simulasi dapat berjalan | Penyederhanaan proses simulasi. |
| Komunikasi | Menunjukkan komunikasi alami (tidak sempurna) | Komunikasi sering sempurna |

Pasar teknologi *serious game* berkembang pesat sepanjang abad 21. Sejumlah 1265 *game* diproduksi dalam interval waktu delapan tahun (2002-2010) (Djaouti dkk., 2012). Di dunia pendidikan, yang dipikir membuat *serious game* berkembang dengan cepat adalah potensinya membantu implementasi paradigma belajar konstruktivis (Obikwelu dan Read, 2012). Dalam paradigma konstruktivis pembelajar membangun sendiri pengetahuan melalui cara-cara yang disukai sambil memaknai pengalaman belajarnya. Paradigma konstruktivis juga mengubah model mental pembelajar dari pasif menjadi aktif memroses informasi. Paradigma konstruktivis sesuai dengan teori Piaget (Ribaupierre, 2015) dan

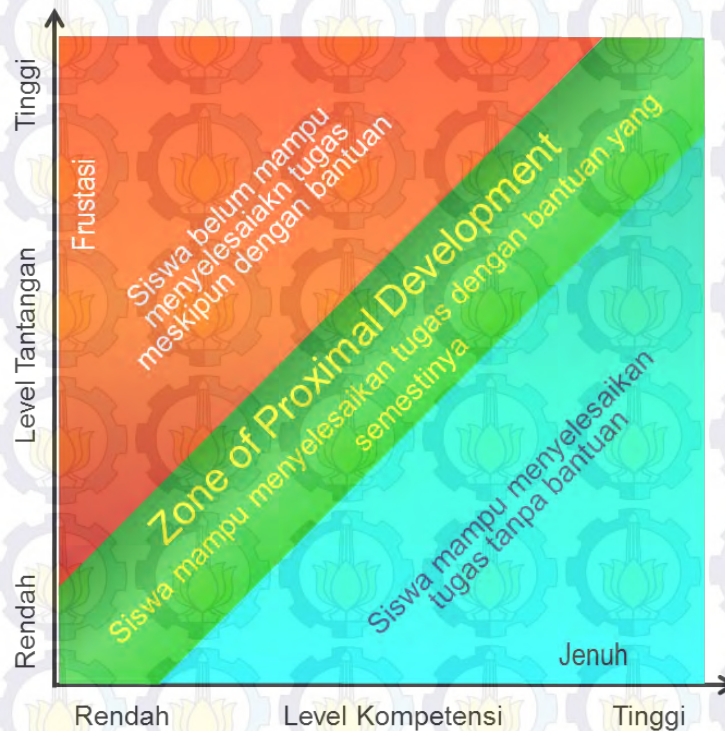
Vygotsky (Kozulin, 2015). Teori Piaget menyatakan bahwa belajar dilakukan melalui eksplorasi aktif dan terjadi ketika munculnya perbedaan antara teori dengan pengalaman. Sementara Vygotsky menyatakan bahwa belajar muncul dalam konteks sosial dan interaksi antara pembelajar dengan teman-temannya di sisi tertentu dari proses pembelajaran.

Untuk meyakinkan *serious game* membantu implementasi paradigma konstruktivis dalam pembelajaran maka rancangannya mesti mengikuti teknik berikut: pemodelan, refleksi, formasi strategi, eksplorasi bertahap (*scaffolded*), tanya jawab dan artikulasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 (Obikwelu dan Read, 2012).



Gambar 2.4 Kerangka *Serious Game* Konstruktivis

Di awal, pembelajar umumnya belajar melalui teknik pemodelan. Ini merupakan bentuk demonstrasi (dalam bentuk simulasi atau video) diikuti dengan peniruan. Pembelajar mengamati dan membangun konsep model terkait proses yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan pembelajaran. Teknik ini biasanya digunakan dalam membantu membentuk perkembangan pembelajar melalui proses *zone of proximal development* (ZPD) (perhatikan Gambar 2.5).



Gambar 2.5 Zone of Proximal Development (ZPD)

(Gambar dikutip dari Morsink, 2013)

Refleksi membandingkan pengalaman pembelajar dalam menyelesaikan masalah dengan pakar, teman-temannya atau tujuan akhir. Refleksi meyakinkan adanya pengamat yang mencatat pengalaman pembelajar dalam bermain *game*. Luaran dari teknik refleksi adalah sebuah keputusan apakah formasi strategi yang baru memang dibutuhkan dalam permainan *game*. Formasi strategi ditandai oleh reorganisasi kecerdasan yang dibentuk untuk sebuah ide baru. Pembelajar mesti cermat mereorganisasi kecerdasannya untuk menghasilkan strategi akurat yang dimainkan dalam memecahkan masalah. Eksplorasi berjenjang mengarahkan pembelajar ke suatu modus penyelesaian masalah yang nyaman untuk dirinya. *Scaffolding* bertujuan membentuk kemampuan pembelajar memecahkan masalah secara independen. Pemain mesti memahami bahwa setiap aksi mengandung resiko sehingga perlu menginformasikan bagaimana mereka bermain dan memonitor perkembangannya secara berkelanjutan. Ketika pemain sudah mencapai tujuan pembelajarannya, dukungan dari instruktur dapat dikurangi (*faded*). Teknik tanya jawab merupakan bagian terpenting dari pengalaman simulasi. Tanpa adanya tanya jawab, pembelajar akan melihat aktivitas belajar sebagai kejadian

tunggal sama sekali tidak terhubung ke aspek yang lain. Jika tanya jawab itu terjadi; itu akan membantu pembelajar menyusun kembali aktivitas dan menghubungkannya ke dalam model mental. Artikulasi didefinisikan sebagai forum pembelajar untuk berbagi pengalaman di antara mereka.

2.3 Penilaian dan *Serious Game*

Dietel, Herman dan Knuth menuliskan dalam (Gibson, 2006) bahwa tujuan penilaian ada bermacam-macam. Umumnya penilaian dilakukan oleh guru sebagai alat mengumpulkan umpan balik dari siswa nya untuk peningkatan kualitas pembelajaran dan melakukan remedial tepat pada waktunya jika dibutuhkan. Penilaian juga dapat mengambil beragam bentuk. Ragam bentuk penilaian meliputi opini subjektif guru, blog siswa, transkrip diskusi siswa di sesi obrolan di internet, skor tes standar level nasional. Meskipun demikian, *stakeholder* masih kukuh memandang bahwa skor tes merupakan indikator utama dari pembelajaran.

Dalam budaya pendidikan yang berorientasi skor tes, menyisihkan sedikit waktu di kelas untuk melakukan permainan sepertinya dipandang sebagai saran yang kurang mengenakan. Apabila saran itu dikemukakan maka kemungkinan paling menguntungkan yang dapat diperoleh adalah munculnya dukungan hangat dari *stakeholder*. Kondisi terjeleknya adalah menjadikan beban bagi guru kelas yang umumnya kekurangan waktu untuk menuntaskan kurikulum yang ditetapkan. Apabila penggunaan *game* mendapat dukungan sekolah, terdapat kebutuhan cara merekam dan melaporkan kemajuan siswa dalam bermain sebagai pembenaran ke *stakeholder* bahwa penggunaan *game* merupakan cara yang dibenarkan dalam pembelajaran, tidak membuang-buang waktu belajar dan sumberdaya.

Ketika mulai memikirkan penilaian untuk *game online*, penting untuk diingat bahwa kekuatan penilaian berbasis komputer masih terletak pada tugas-tugas yang bersifat mengulang dan mekanis, setidaknya untuk saat ini berarti lebih mudah dan cepat bagi komputer untuk menilai pilihan siswa daripada mengevaluasi pendapat mereka. Pemanfaatan teknologi yang tepat, memungkinkan sistem merekam interaksi siswa sebagai data kualitatif untuk kepentingan analisis. Sebagai contoh: obrolan dengan teman, *after-play blog*, berpikir keras, pergerakan

mata pada layar komputer dan reaksi fisiologis lainnya. Meskipun data kualitatif sangat berharga dalam memahami niat dan penalaran siswa ketika membuat pilihan pada *game*, pengumpulan data dan prosedur analisis kemungkinan belum siap diasimilasikan ke dalam kerangka konseptual jejak informasi. Apabila *game* mesti merekam jejak informasi untuk kebutuhan penilaian maka mesti dipikirkan secara cermat bentuk data yang dibutuhkan. Lebih penting lagi; pengintegrasian jejak informasi mesti terjadi pada tahap pra-perencanaan.

Guru dan peneliti mesti berhati-hati mempertimbangkan data yang dikumpulkan sehingga jejak informasi yang ditentukan nantinya dapat digunakan sebagai petunjuk dalam penilaian. Proses penelusuran jejak yang dirancang cermat akan membukakan pintu bagi penilaian pendidikan di *game online*. Ketika *game online* dirancang untuk pembelajaran; penting bagi guru untuk bekerja dengan pengembang *game* dan ahli teknologi pembelajaran untuk mengintegrasikan tujuan pembelajaran yang tepat ke dalam *game*. Kelemahan umum *game* pembelajaran menjadi indikator yang pas untuk menunjukkan bahwa betapa susahny proses pengintegrasian tujuan pembelajaran ke dalam *game*. Agar sistem penilaian dapat berjalan, rancangan sistem mesti dibuat dari awal terkait kisaran inferensi yang akan dibuat, observasi yang dibutuhkan untuk membumikan penilaian, situasi-situasi yang akan membangkitkan observasi-observasi ini dan hubungan penalaran yang menghubungkan mereka (Mislevy dkk., 2002). *Game online* butuh dirancang berhati-hati dan dikembangkan dengan pra-perencanaan untuk mengintegrasikan jejak informasi sebagai alat penilaian, menggabungkan kait kejadian untuk pengumpulan data, penelusuran pengguna pada simpul yang tepat, jika itu digunakan dalam pembelajaran.

2.4 Profile Pembelajar

Profil belajar mendefinisikan sekumpulan karakteristik yang mengelompokkan siswa ke dalam model tertentu selama proses pembelajarannya. (Stash dkk., 2004), (Tarpin-Bernard dan Habieb-Mammar, 2005). (Gardner dan Gardner, 1993) mengungkapkan bahwa terbuka peluang bagi guru mendokumentasikan dan menggambarkan profil siswa yang mencakup kekuatan dan cara terbaik mereka dalam belajar melalui mendengarkan dan mengamati siswa secara seksama.

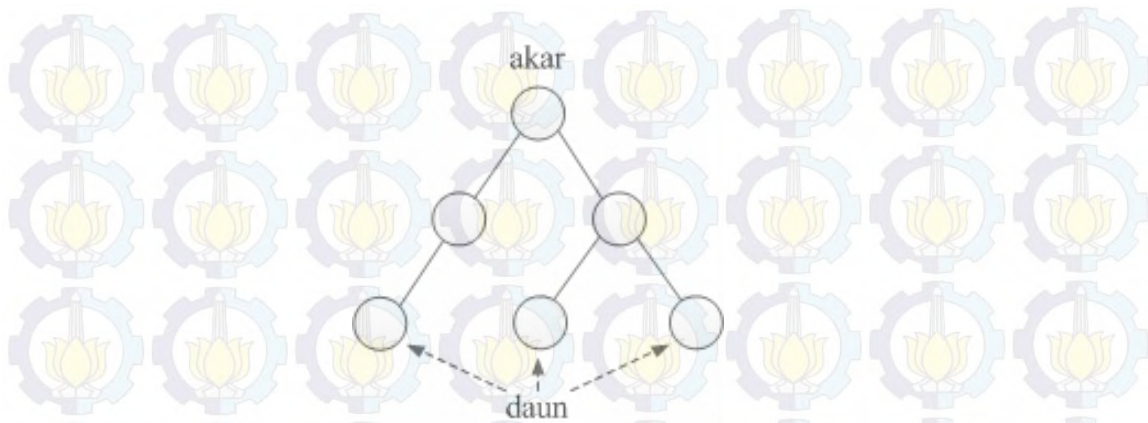
Profil masing-masing individu merupakan pembawaan yang menunjukkan kecerdasan (*multiple intelligences*) dominan dari individu itu dan juga kecerdasan mereka yang belum banyak digunakan. Pembelajar memiliki kecenderungan dalam pembelajarannya. Guru melalui pengamatannya yang seksama semestinya mampu mengenali kecerdasan yang digunakan pembelajar dalam menyelesaikan persoalan meskipun kecerdasan yang digunakan pembelajar mungkin berubah seiring dengan perubahan aktivitas dalam penyelesaian persoalan. Menurut (Gardner dan Gardner, 1993), profil pembelajar mengarahkan pekerjaan spesifik yang dikerjakan siswa di sekolah, rumah dan di komunitas yang lebih luas untuk mengembangkan kekuatan nya sambil memperbaiki bagian yang relatif lemah.

Profil pembelajar ini nantinya membantu guru menawarkan individuasi pembelajaran bagi masing-masing individu pembelajar dalam pembelajaran di kelas. Di samping itu; dengan mengetahui profilnya, pembelajar mampu menggunakan kecerdasan dominan nya serta menumbuhkan kecerdasan nya yang belum banyak digunakan.

2.5 Bayesian Networks

Bayesian Networks (BNs), yang juga dikenal sebagai *belief network* atau *Bayes Net* merupakan model grafis yang banyak digunakan untuk memodelkan persoalan-persoalan di dunia industri dikarenakan kemampuan meramalkan dan menggambarkan dalam bentuk grafik persoalan melalui penalaran di bawah kondisi ketidakpastian (Tan dan Tay, 2010). Dalam domain pendidikan, BNs dapat digunakan untuk menentukan status pengetahuan, keterampilan motivasi dan kecakapan siswa.

Konsep yang mendasari BNs adalah teorema Bayes. BNs terdiri dari simpul dan busur berarah antar simpul yang seringnya memiliki ketergantungan sebab akibat. Pada simpul A dan B yang dihubungkan oleh busur berarah dari A ke B; maka A disebut sebagai simpul ayah dan B sebagai simpul anak. Simpul yang tanpa simpul ayah disebut akar (*root*), sebaliknya simpul yang tanpa simpul anak disebut daun (*leave*). Gambar 2.6 menggambarkan contoh struktur BNs.



Gambar 2.6 Contoh Struktur BNs

Bentuk kuantitatif kekuatan hubungan antar sebuah simpul dengan simpul ayah disajikan melalui tabel probabilitas kondisional (*conditional probability table* (CPT)).

2.5.1 Probabilitas Kondisional dan Independensi

Probabilitas kondisional dalam (Neapolitan, 2003) dijelaskan melalui definisi 2.1.

Definisi 2.1:

Misal E dan F adalah kejadian sedemikian sehingga $P(F) \neq 0$ maka probabilitas kondisional E jika diketahui F yang dituliskan $P(E|F)$ diperoleh dari:

$$P(E | F) = \frac{P(E \cap F)}{P(F)} \quad (2.1)$$

Intuisi awal dari probabilitas kondisional berasal dari pandangan probabilitas sebagai rasio. Dalam kasus rasio, $P(E|F)$ seperti pada (2.1) merupakan pecahan item-item di F yang juga di E. Kita tunjukan kasus ini sebagai berikut. Misalkan n mewakili banyak item dalam ruang sampel, n_F mewakili banyaknya item di F dan n_{EF} mewakili banyak item di $E \cap F$ maka:

$$\frac{P(E \cap F)}{P(F)} = \frac{n_{EF} / n}{n_F / n} = \frac{n_{EF}}{n_F} \quad (2.2)$$

yang merupakan pecahan item-item yang berada di F dan E. $P(E|F)$ bermakna probabilitas kemunculan E jika ditentukan bahwa F terjadi.

Definisi 2.2:

Dua buah kejadian dikatakan independen apabila terpenuhi salah satu dari dua kondisi berikut:

- a. $P(E|F) = P(E)$ dan $P(E) \neq 0, P(F) \neq 0$
- b. $P(E) = 0$ atau $P(F) = 0$

Perlu dicatat bahwa definisi 2.2 menyatakan bahwa dua kejadian independen meskipun didasarkan pada probabilitas kondisional E jika diketahui F. Alasannya bahwa independensi adalah simetris. Sehingga jika $P(E) \neq 0$ dan $P(F) \neq 0$ maka $P(E|F) = P(E)$ jika dan hanya jika $P(F|E) = P(F)$. Kondisi ini secara langsung membuktikan bahwa E dan F independen jika dan hanya jika $P(E \cap F) = P(E)P(F)$

Definisi 2.3:

Dua kejadian E dan F kondisional independen apabila diketahui G, jika $P(G) \neq 0$ dan terpenuhi satu dari dua kondisi berikut.

- a. $P(E|F \cap G) = P(E|F)$ dan $P(E|G) \neq 0, P(F|G) \neq 0$
- b. $P(E|G) = 0$ atau $P(F|G) = 0$

Misal ada n kejadian $E_1, E_2, E_3, \dots, E_n$ sedemikian hingga $E_i \cap E_j = \emptyset$ untuk $i \neq j$ dan $E_1 \cup E_2 \cup E_3 \dots \cup E_n = S$. Kejadian-kejadian tersebut dikatakan mutual eksklusif dan eksaustif. Hukum probabilitas total menyatakan untuk sembarang kejadian F,

$$P(F) = \sum_{i=1}^n P(F \cap E_i) \quad (2.3)$$

Jika $P(E_i) \neq 0$ maka $P(F \cap E_i) = P(F|E_i)P(E_i)$. Sehingga jika $P(E_i) \neq 0$ untuk semua i , maka hukum probabilitas total sering diaplikasikan pada bentuk berikut:

$$P(F) = \sum_{i=1}^n P(F | E_i) P(E_i) \quad (2.4)$$

Kondisi ini secara langsung menghasilkan aksioma teori probabilitas dan aturan probabilitas kondisional ketika probabilitas dipandang sebagai rasio.

2.5.2 Teorema Bayes

Berpuluh-puluh tahun ketertarikan pada kejadian dengan probabilitas kondisional telah dikomputasi menggunakan teorema Bayes.

Teorema 2.1 (Bayes):

Diberikan dua kejadian E dan F sedemikian sehingga $P(E) \neq 0$ dan $P(F) \neq 0$ maka kita peroleh:

$$P(E | F) = \frac{P(F | E)P(E)}{P(F)} \quad (2.5)$$

Selanjutnya, diberikan n kejadian mutual eksklusif dan eksaustif $E_1, E_2, E_3, \dots, E_n$ sedemikian hingga $P(E_i) \neq 0$ untuk semua i , maka untuk $1 \leq i \leq n$,

$$P(E_i | F) = \frac{P(F | E_i)P(E_i)}{P(F | E_1)P(E_1) + P(F | E_2)P(E_2) + \dots + P(F | E_n)P(E_n)} \quad (2.6)$$

Bukti:

Untuk mendapatkan rumus 2.5, pertama kita gunakan definisi probabilitas kondisional:

$$P(E | F) = \frac{P(E \cap F)}{P(F)} \quad \text{dan} \quad P(F | E) = \frac{P(F \cap E)}{P(E)}$$

Kalikan masing-masing persamaan dengan penyebut di ruas kanan untuk mendapatkan

$$P(E | F)P(F) = (F | E)P(E)$$

Karena keduanya bernilai sama $P(E \cap F)$. Selanjutnya bagi persamaan terakhir dengan $P(F)$ sehingga didapat

$$P(E | F) = \frac{P(F | E)P(E)}{P(F)}$$

Persamaan 2.6 diperoleh dari mengganti $P(F)$ dengan probabilitas total (persamaan 2.4) dan menempatkan nya di bagian penyebut persamaan 2.5.

Kedua teorema ini dikembangkan oleh Thomas Bayes yang dipublikasikan pada tahun 1763. Formula pertama memungkinkan untuk menghitung $P(E|F)$ jika diketahui $P(F|E)$, $P(E)$ dan $P(F)$. Dari formula kedua dimungkinkan untuk menghitung $P(E_i|F)$ jika diketahui $P(F|E_j)$ dan $P(E_j)$ untuk $1 \leq j \leq n$. Penghitungan probabilitas kondisional menggunakan salah satu dari formula ini disebut inferensi Bayesian.

2.5.3 Variabel Random dan *Joint Probability Distribution*

Variabel random X didefinisikan sebagai simbol dari sekumpulan nilai yang disebut dengan ruang X . Sebagai contoh, variabel random *LungCancer* memiliki ruang nilai $\{present, absent\}$.

Definisi 2.4:

Misal ditentukan sekumpulan variabel random $V = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ sedemikian hingga X_i memiliki ruang nilai *infinite*. Sebuah fungsi yang menghubungkan nilai riil $P(X_1=x_1, X_2=x_2, \dots, X_n=x_n)$ ke setiap kombinasi nilai x_i sedemikian hingga nilai x_i diambil dari ruang X_i disebut *joint probability distribution* dari variabel random V jika memenuhi kondisi berikut:

- a) untuk setiap kombinasi nilai x_i

$$0 \leq P(X_1=x_1, X_2=x_2, \dots, X_n=x_n) \leq 1$$

- b) diperoleh

$$\sum_{x_1, x_2, \dots, x_n} P(X_1 = x_1, X_2 = x_2, \dots, X_n = x_n) = 1$$

Notasi $\sum_{x_1, x_2, \dots, x_n}$ bermakna jumlah ini diperoleh selagi x_1, \dots, x_n mencakup semua kemungkinan nilai pada ruang yang bersesuaian.

Joint probability distribution yang diperoleh dari mendefinisikan variabel random sebagai fungsi pada ruang sampel merupakan sebuah cara untuk menghasilkan *joint probability distribution* yang memenuhi definisi 2.4 di atas. Ada cara lain yang dapat digunakan seperti diberikan melalui contoh berikut.

Contoh 2.1:

Misalkan $V = \{X, Y\}$. X dan Y memiliki ruang berturut-turut $\{x_1, x_2\}$ dan $\{y_1, y_2\}$. Ditentukan pula nilai-nilai berikut:

$$\begin{aligned} P(X=x_1) &= 0,2 & P(Y=y_1) &= 0,3 \\ P(X=x_2) &= 0,8 & P(Y=y_2) &= 0,7 \end{aligned}$$

Selanjutnya didefinisikan *joint probability distribution* X dan Y sebagai berikut:

$$P(X=x_1, Y=y_1) = P(X=x_1)P(Y=y_1) = (0,2)(0,3) = 0,06$$

$$P(X=x_1, Y=y_2) = P(X=x_1)P(Y=y_2) = (0,2)(0,7) = 0,14$$

$$P(X=x_2, Y=y_1) = P(X=x_2)P(Y=y_1) = (0,8)(0,3) = 0,24$$

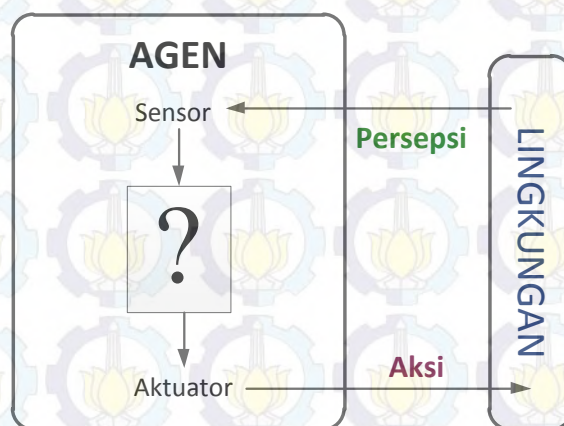
$$P(X=x_2, Y=y_2) = P(X=x_2)P(Y=y_2) = (0,8)(0,7) = 0,56.$$

Total nilai yang diperoleh adalah 1, maka ini merupakan cara lain menentukan *joint probability distribution* berdasarkan definisi 2.4. Ini merupakan cara menentukan *joint probability distribution* jika dipandang X dan Y independen.

2.6 Agen Cerdas

Mesin komputer tidak memiliki kemampuan sendiri memutuskan suatu tindakan apabila langkah untuk pengambilan keputusan tersebut belum diantisipasi sebelumnya melalui sebuah sistem. Oleh karena itu sering dikatakan komputer itu mesin penurut, apa adanya dan tidak imajinatif. Konsekuensi nya, layanan yang diberikan bisa saling bertubrukan atau kehilangan informasi yang semestinya dibutuhkan. Seiring dengan penambahan kompleksitas layanan yang diberikan melalui aplikasi maka dibutuhkan keberadaan sistem yang mampu memutuskan apa yang mesti dilakukan untuk memenuhi kebutuhan tujuan pengembangan aplikasi tersebut. Sistem komputer ini dikenal dengan sebutan agen.

Beberapa ahli juga memberikan definisi dari agen. (Russell dan Norvig, 2009) mendefinisikan agen sebagai sesuatu yang dipandang mampu memotret lingkungannya melalui sensor dan beraksi dengan lingkungan menggunakan aktuator. Ahli (Wooldridge, 2002) memberikan definisi agen sebagai sistem komputer yang ditempatkan di lingkungan tertentu dan mampu bertindak sendiri di lingkungan tersebut untuk memenuhi tujuan perancangan nya.



Gambar 2.7 Interaksi Agen dengan Lingkungan melalui Sensor dan Aktuator
(Gambar dikutip dari Russell dan Norvig, 2009)

Tidak semua agen adalah agen cerdas. Agen dikatakan cerdas apabila memiliki kemampuan memfleksibelkan aksi-aksi otonomnya untuk memenuhi tujuan perancangan agen tersebut. Dalam hal ini, fleksibel berarti tiga hal:

- a) reaktif: yakni mampu menangkap lingkungannya dan merespon secara cepat perubahan yang terjadi guna memenuhi tujuan perancangan.
- b) proaktif: agen mampu memamerkan perilakunya yang berorientasi tujuan melalui inisiatif sehingga memenuhi tujuan perancangan
- c) kemampuan sosial: memiliki kemampuan berinteraksi dengan agen lain.

2.6.1 Tipe Agen

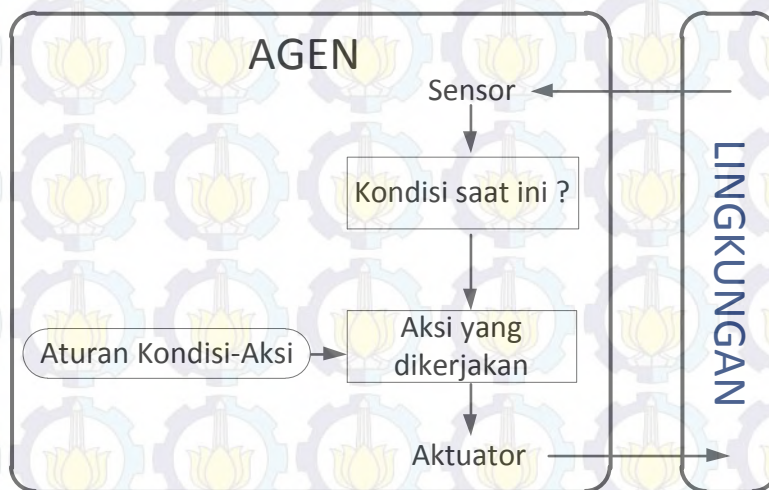
Pada dasarnya ada empat tipe dasar agen yang membangun prinsip-prinsip dasar dari semua cerdas. Keempat tipe dasar agen tersebut adalah:

- a) *simple reflex agents*,
- b) *model-based reflex agents*,
- c) *goal-based reflex agents*, dan
- d) *utility-based agents*.

Skema diagram keempat tipe dasar agen tersebut ditunjukkan berturut-turut pada Gambar 2.8, 2.9, 2.10, dan 2.11.

Simple reflex agent memiliki kemampuan mengagumkan di dalam kesederhanaannya, akan tetapi kesederhanaannya menjadikan *simple reflex agent* sebagai kecerdasan yang terbatas. Agen hanya bekerja hanya jika keputusan yang benar dihasilkan atas dasar persepsi terkini yakni hanya jika lingkungannya teramati sepenuhnya. Bahkan bila ada bagian kecil yang tidak teramati dapat menimbulkan masalah serius.

Model-based reflex agent dibuat untuk menangani aksesibilitas parsial dengan menelusuri bagian lingkungan yang dapat diamatinya sekarang. Hal ini dilakukan dengan memelihara status internal yang mengacu pada apa yang dilihat sebelumnya sehingga didapat informasi tentang aspek teramati dari kondisi saat ini. Model ini menunjukkan penerimaan sekarang (*current percept*) digabungkan dengan status internal yang lama dan digunakan untuk membangkitkan deskripsi dari status sekarang menggunakan model agen "*How the world works*". Bagian penting dari model ini adalah adanya fungsi *Update-State* yang bertugas membuat



Gambar 2.8 *Simple-Reflex Agent* (Gambar dikutip dari Russell dan Norvig, 2009)

deskripsi status internal yang baru. Sejalan dengan interpretasi penerimaan baru dalam arahan pengetahuan yang ada terkait status, model menggunakan informasi bagaimana lingkungan berkembang untuk menelusuri bagian tidak teramati dari lingkungan, dan juga mesti mengetahui aksi agen terhadap status lingkungan.

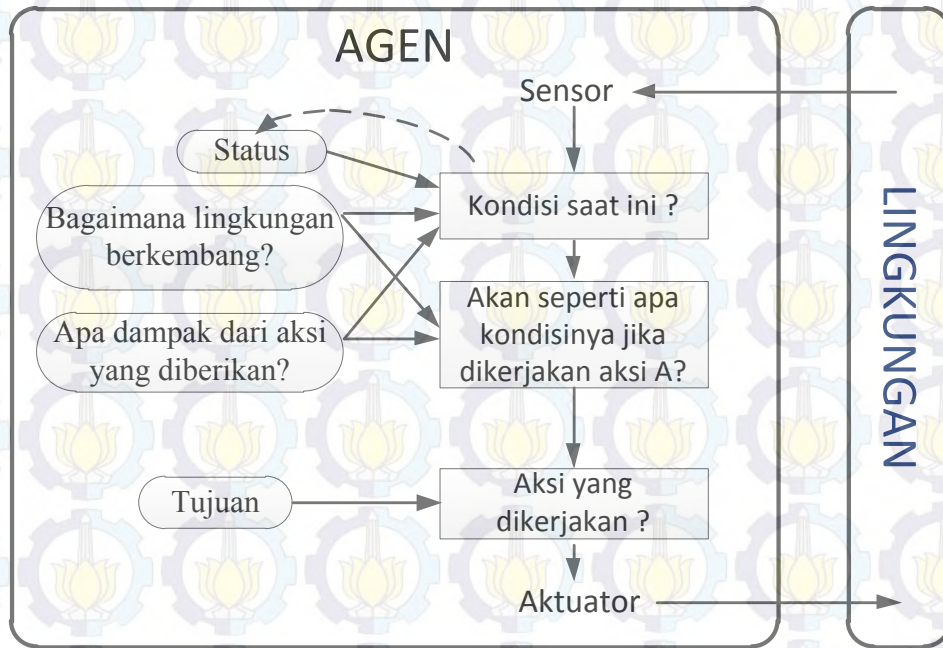


Gambar 2.9 *Model-based Reflex Agent* (Gambar dikutip dari Russell dan Norvig, 2009)

Goal-based agent menambah kemampuan *model-based reflex agent* memanfaatkan informasi tujuan (*goal*). Informasi tujuan menggambarkan situasi yang diinginkan. Kondisi ini memberikan cara ke agen memilih di antara beragam kemungkinan, memilih satu yang memenuhi status tujuan. Pencarian dan peren-

canaan merupakan sub bidang kecerdasan buatan yang ditujukan untuk menemukan urutan tindakan untuk pencapaian tujuan.

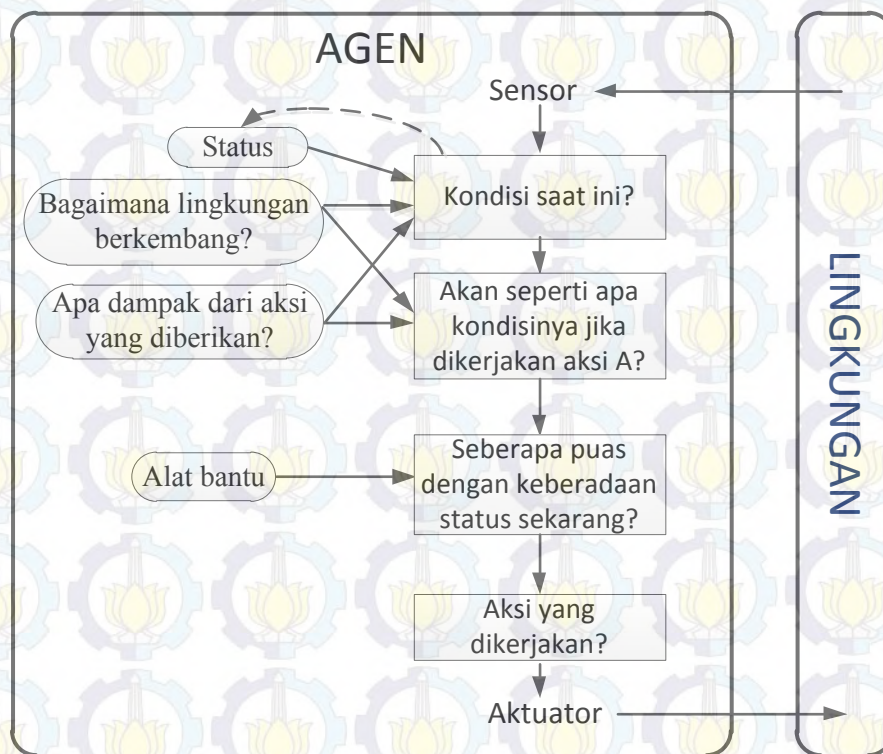
Dalam beberapa kasus, *goal-based agent* tampak kurang efisien. Akan tetapi agen ini lebih fleksibel karena pengetahuan yang mendukung keputusannya disajikan secara eksplisit dan dapat diperbaharui.



Gambar 2.10 *Goal-based Agent* (Gambar dikutip dari Russell dan Norvig, 2009)

Goal-based agent hanya membedakan antara status tujuan dan status bukan tujuan, tidak mendefinisikan ukuran seberapa dibutuhkannya status itu. Ukuran ini dapat melalui penggunaan fungsi *utility* yang memetakan sebuah status ke ukuran kebutuhan dari status tersebut. Ukuran kinerja pengukuran yang lebih umum mesti memungkinkan perbandingan dari status yang berbeda berdasarkan kondisi sesungguhnya seberapa senang model membuat agen tersebut. Istilah *utility* dapat digunakan untuk mendeskripsikan seberapa senang nya agen itu.

Utility-based agent yang rasional memilih aksi yang memaksimalkan capaian luaran aksi *utility* yang diharapkan; yakni agen berharap mendapatkan, pada kondisi menengah, mengingat peluang dan kegunaan dari masing-masing luaran. *Utility-based agent* mesti memodelkan dan memelihara: lingkungannya, tugas-tugas yang telah melibatkan banyak penelitian dalam perolehannya, representasi, penalaran dan pembelajaran.



Gambar 2.11 *Utility-based Agent* (Gambar dikutip dari Russell dan Norvig, 2009)

2.6.2 Agen Pembelajaran

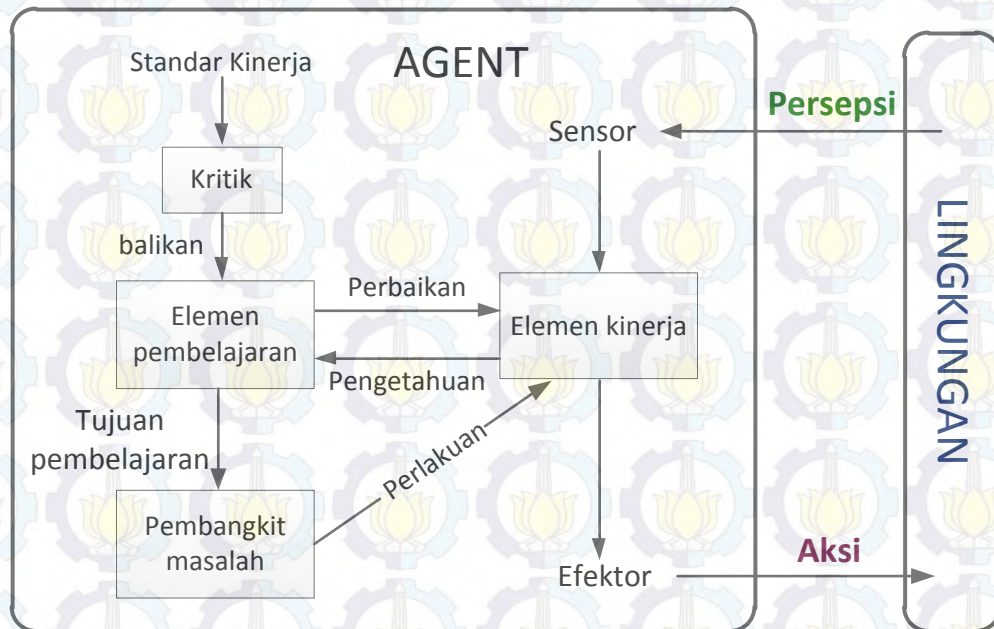
Pembelajaran memberi keuntungan dengan mengizinkan agen beroperasi pada lingkungan yang belum dikenal dan menjadikannya lebih kompeten dibanding pengetahuan awal yang dimilikinya. Perbedaan terpentingnya terletak antara "elemen pembelajaran" yang bertanggung jawab meningkatkan kompetensi dan "elemen performansi" yang bertanggung jawab menentukan aksi eksternal.

Elemen pembelajaran memanfaatkan umpan balik dari "*critic*" dalam menentukan bagaimana agen bekerja dan memodifikasi elemen performansi sehingga bekerja lebih baik. Sebelumnya; elemen performansi dipandang sebagai keseluruhan agen: elemen ini bertugas merekam persepsi dan memutuskan aksi.

Komponen terakhir dari agen pembelajaran adalah pembangkit masalah (*problem generator*). Komponen ini bertanggung jawab mengusulkan aksi yang akan mengarahkan pada pengalaman baru dan informatif.

Di dalam makalahnya yang terkenal, Turing (1950) membahas ide mesin cerdasnya. Turing mengestimasi banyak pekerjaan yang mungkin dilakukan

dan menyertakan beberapa metode yang lebih tepat yang sepertinya dibutuhkan. Metode yang diusulkan adalah membangun mesin learning dan mengajarnya. Dalam beberapa area AI, usulan metodenya menjadi metode yang disukai untuk membangun *state-of-the-art* sistem.



Gambar 2.12 *Learning-Agent* (Gambar dikutip dari Russell dan Norvig, 2009)

Agen pembelajaran terdiri dari empat komponen konseptual seperti ditunjukkan pada Gambar 2.12. Perbedaan terpentingnya terletak antara "elemen pembelajaran" yang bertanggung jawab meningkatkan kompetensi dan "elemen kinerja" yang bertanggung jawab menentukan aksi eksternal. Sebelumnya; elemen kinerja dipandang sebagai keseluruhan agen: elemen ini bertugas merekam persepsi dan memutuskan aksi.

Rancangan elemen pembelajaran sangat tergantung pada rancangan elemen kinerja. Hal ini tampak dari pertanyaan yang muncul dalam merancang agen untuk belajar kemampuan tertentu yakni: "*What kind of performance element will my agent need to do this once it has learned how?*", bukan pertanyaan: "*How am I going to get it to learn this?*" Ketika diberikan rancangan agen, mekanisme pembelajaran dapat dibangun untuk meningkatkan kemampuan komponen-komponen agen.

Critic memberitahukan ke elemen pembelajaran seberapa bagus agen bekerja dibandingkan dengan standar kinerja yang ada. *Critic* merupakan sebuah

keharusan karena persepsi tidak memberikan indikasi kesuksesan agen. Sebagai contoh, sebuah program catur menerima persepsi yang mengindikasikan bahwa program telah men-skakmat musuhnya, dibutuhkan standar kinerja untuk tahu bahwa langkah tersebut benar dan persepsi sendiri tidak mengatakan hal itu. Adalah penting untuk menetapkan standar kinerja. Secara konseptual, standar kinerja mesti dipandang berada di luar agen secara keseluruhan karena agen semestinya tidak memodifikasinya agar sesuai perilaku sendiri dari agen.

Komponen terakhir dari agen pembelajaran adalah *problem generator*. Komponen ini bertanggung jawab mengusulkan aksi-aksi yang mengarah pada pengalaman baru dan informatif. Inti nya adalah apabila elemen kinerja menemukan cara maka elemen akan terus melakukan aksi yang terbaik, mengingat apa yang ia tahu. Akan tetapi bila agen hendak mengeksplorasi sebagian kecil dan melakukan aksi yang barangkali kurang optimal dalam jangka pendek, tindakan ini kemungkinan akan menemukan aksi yang baik dalam jangka panjang. Tugas dari *problem generator* adalah mengusulkan aksi-aksi untuk penemuan seperti aksi yang dilakukan oleh ahli dalam melakukan eksperimen.

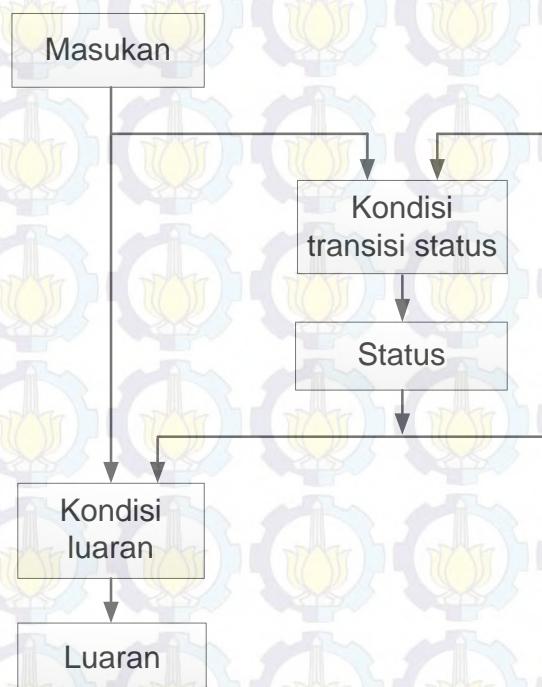
2.7. Finite State Machines (FSM)

Finite State Machines (FSM) adalah sebuah metodologi perancangan sistem kontrol yang menggambarkan tingkah laku atau prinsip kerja sistem dengan menggunakan tiga hal berikut: *state* (keadaan), *event* (kejadian) dan *action* (aksi). Pada satu saat dalam periode waktu yang cukup signifikan, sistem akan berada pada salah satu *state* yang aktif. Sistem dapat beralih atau bertransisi menuju *state* lain jika mendapatkan masukan atau event tertentu, baik yang berasal dari perangkat luar atau komponen dalam sistemnya itu sendiri (misal interupsi timer). Transisi keadaan ini umumnya juga disertai oleh aksi yang dilakukan oleh sistem ketika menanggapi masukan yang terjadi. Aksi yang dilakukan tersebut dapat berupa aksi yang sederhana atau melibatkan rangkaian proses yang relatif kompleks.

Berdasarkan sifatnya, metode FSM ini sangat cocok digunakan sebagai basis perancangan perangkat lunak pengendalian yang bersifat reaktif dan *real time*. Salah satu keuntungan nyata penggunaan FSM adalah kemampuannya

dalam mendekomposisi aplikasi yang relatif besar dengan hanya menggunakan sejumlah kecil *item state*. Selain untuk bidang kontrol, penggunaan metode ini pada kenyataannya juga umum digunakan sebagai basis untuk perancangan protokol-protokol komunikasi, perancangan perangkat lunak *game*, aplikasi web dan sebagainya. Sebuah sistem kontrol dalam menentukan suatu output bergantung pada suatu input. Apabila nilai input yang sekarang dirasa sudah cukup untuk menentukan suatu output, maka sistem tersebut diberi nama sistem kombinasi, dan tidak memerlukan konsep *state*. Apabila suatu sistem kontrol membutuhkan beberapa tambahan informasi mengenai serangkaian perubahan input untuk menentukan suatu output, maka sistem ini disebut sebagai sistem sekuensial (Wagner, 2006).

Bagian logika yang bertanggung jawab pada sistem perilaku (*behavior*) disebut sebagai *state machine*. Berdasarkan definisi ini, *state machine* dapat digambarkan pada Gambar 2.13. *State transition conditions* dan *Output conditions* pada gambar merupakan fungsi dari Inputs dan State.



Gambar 2.13 Definisi *State Machine* (Gambar dikutip dari Wagner, 2006)

2.7.1 Model-Model *State Machine*

Suatu *state machine* dalam menentukan perilaku (*behavior*) ada kemungkinan memiliki bentuk-bentuk yang berbeda.

2.7.1.1 Matriks Transisi

Model *state machine* yang paling sederhana adalah Parser. Fungsi dari Parser adalah untuk menggambarkan perubahan-perubahan input. Parser tidak menghasilkan Output secara spesifik. Parser dapat dipresentasikan menggunakan matriks transisi atau *state transition diagram*. Semisal, sebuah sistem kontrol akan menghitung banyaknya uang yang dijatuhkan pada suatu mesin penghitung uang. Untuk mempermudah gambaran dari contoh ini, maka yang dapat diterima oleh mesin penghitung uang tersebut hanya uang 5 atau 10 sen. Perhitungan dinyatakan benar bila jumlah uang tersebut adalah 25 sen. Matriks transisi merupakan sebuah tabel yang mana pada baris (*From*) menyatakan keadaan sekarang (*present state*) dan kolom (*To*) sebagai keadaan mendatang (*next state*). Isi dari table tersebut adalah kondisi yang harus tercukupi agar perubahan dari *present state* ke *next state* bernilai benar. Contoh dari matriks transisi tersebut diperlihatkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Matriks Transisi Mesin Penghitung Uang

| <i>From</i> | <i>To</i> | <i>Start</i> | <i>Five</i> | <i>Ten</i> | <i>Fifteen</i> | <i>Twenty</i> | <i>Stop</i> |
|----------------|-----------|--------------|-------------|------------|----------------|---------------|-------------|
| <i>Start</i> | - | - | 5 | 10 | - | - | - |
| <i>Five</i> | - | - | - | 5 | 10 | - | - |
| <i>Ten</i> | - | - | - | - | 5 | 10 | - |
| <i>Fifteen</i> | - | - | - | - | - | 5 | 10 |
| <i>Twenty</i> | - | - | - | - | - | - | 5 |
| <i>Stop</i> | - | - | - | - | - | - | - |

Dalam kasus lain, jika kita mempunyai sekumpulan data (S) dimana ada anggota data yang memuat semua ITEM yang terdapat pada kumpulan data S kita dapat menyusun pola yang muncul dalam bentuk pohon jaringan sebagai berikut.

Berdasarkan uang yang dapat diterima oleh mesin penghitung tersebut, maka kondisi input untuk matriks transisi ini adalah 5 dan 10. Kondisi yang bertanda (-) menandakan bahwa situasi tersebut tidak mungkin terjadi. State *Start* menandakan permulaan, yang mana tidak ada koin di dalamnya. State *Stop* berarti bahwa di sana terdapat 25 sen yang telah dijatuhkan. Pada semua state, kecuali state *Twenty* pada bagian *From*, kedua koin masih dapat diterima. Parser merupakan *state machine* yang diawali dengan keadaan *Start* dan diakhiri dengan keadaan *Stop*. Ketika Parser mencapai keadaan *Stop*, tugas ini telah berhasil terselesaikan dan harus diulangi lagi untuk proses selanjutnya.

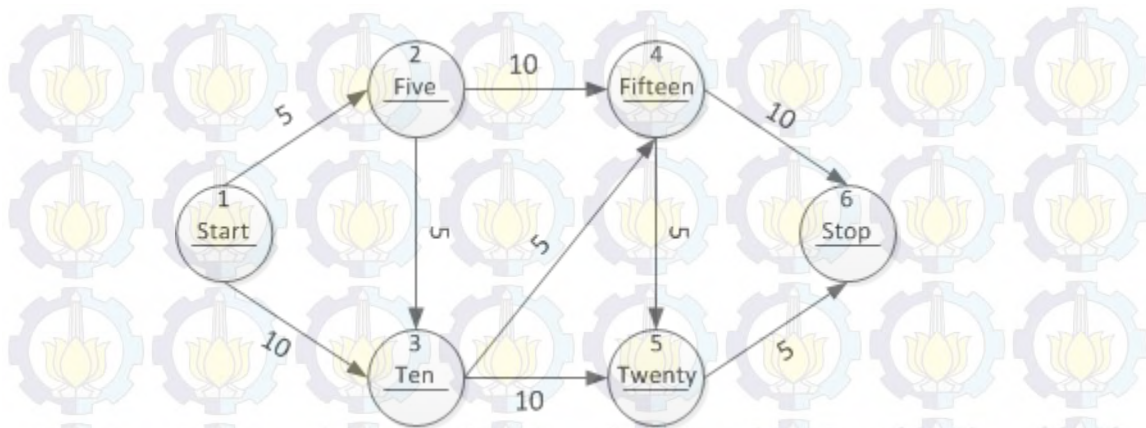
Matriks transisi secara alternatif juga dapat dipresentasikan pada Tabel 2.5. Pada tabel tersebut, kolom menyatakan input dan baris sebagai state sekarang (*current state*). Isinya menyatakan state berikutnya (*next state*).

2.7.1.2 State Transition Diagram

State Transition Diagram (STD) merupakan sebuah grafik yang memiliki penjelasan yang sama dengan matriks transisi. STD menggunakan dua simbol, sebuah lingkaran untuk mempresentasikan state dan anak panah sebagai transisinya. Keadaan transisi ditulis di atas anak panah. STD untuk mesin penghitung uang (contoh sebelumnya) diperlihatkan pada Gambar 2.14.

Tabel 2.5 Bentuk Alternatif dari Matriks Transisi

| State | Input | |
|---------|---------|---------|
| | 5 | 10 |
| Start | Five | Ten |
| Five | Ten | Fifteen |
| Ten | Fifteen | Twenty |
| Fifteen | Twenty | Stop |
| Twenty | Stop | Twenty |
| Stop | Stop | Stop |



Gambar 2.14. STD Mesin Penghitung Uang(Gambar dikutip dari Wagner, 2006)

Matriks transisi dipresentasikan melalui tabel, oleh karena itu pada beberapa situasi representasinya lebih mudah dibanding dalam bentuk grafik (graph). Pada kasus yang lain, STD lebih mudah dibaca dan dimengerti dari pada matriks transisi. Pada kasus Parser, kedua gambar transisi di atas memiliki informasi 100% sama. Sebagai catatan bahwa sebelumnya pada state *Twenty*, koin 10 ditolak. Desain yang lengkap membutuhkan beberapa aksi yang harus dilakukan seperti menolak koin atau memberi kesempatan untuk diterima. Untuk menyederhanakan nya maka koin 10 ditolak pada state *Twenty*.

Pada Gambar 2.14, pertama-tama state berada pada state *Start* yang menandakan bahwa pada kondisi ini nilai uang 0. Apabila diisi koin 5 maka state berikutnya berpindah ke state *Five*, sedangkan jika diisi dengan koin 10 maka state berikutnya berpindah menjadi state *Ten*. Apabila state sekarang berada pada state *Five*, maka bila diisi koin 5 maka state berikutnya adalah state *Ten*, begitu seterusnya hingga diperoleh state *Twenty*. Apabila diperoleh state di atas *Twenty*, maka proses dihentikan (*Stop*).

2.7.1.3 Output (Action)

Aplikasi yang dapat dipresentasikan oleh model Parser tidak banyak. Pertama, pemikiran dalam mengawali state *Start* dan mengakhiri state *Stop* sangat terbatas, padahal sebuah *state machine* harus bekerja secara terus menerus, sepanjang waktu. Aspek penting lainnya adalah banyak aplikasi membutuhkan beberapa aksi untuk dilakukan (berupa *output*), yang mana aksi tersebut dibutuhkan oleh sistem yang terkontrol. Sebagai catatan bahwa pada desain *hardware*,

penggunaan output lebih umum digunakan, sedangkan untuk desain software penggunaan action lebih populer. Beberapa tipe aksi (*action*) yang bisa didefinisikan serta gayut pada kondisi dan kejadian adalah sebagai berikut:

1. *Entry Action* : aksi yang dilakukan ketika *state machine* memasuki state.
2. *Exit Action* : aksi yang dilakukan ketika *state machine* meninggalkan state.
3. *Input Action* : aksi yang dilakukan ketika sebuah input (kondisi) bernilai benar (*True*). Aksi ini dilakukan pada banyak state dan sering digunakan.
4. *Transition Action* : aksi yang dilakukan selama perubahan state. Sebagai catatan bahwa *Entry Action* dan *Exit Action* adalah state dependent, sedangkan *Transition Action* adalah transition dependent. Apabila *state machine* mengalami perubahan state, semua aksi (*Input*, *Exit*, *Transition*, dan *Entry*) berubah secara berurutan, akan tetapi pada praktik nya berubah pada waktu yang bersamaan.

BAB III

METODE PENELITIAN

Di Bab Metode Penelitian ini dibahas pengorganisasian pelaksanaan dari penelitian. Pembahasan diawali dari kerangka umum pelaksanaan penelitian, skenario permainan, rancangan permainan model FSM, pengujian sistem permainan, pengumpulan data, dan pengujian klasifikasi data permainan.

3.1 Kerangka Umum Pelaksanaan Penelitian

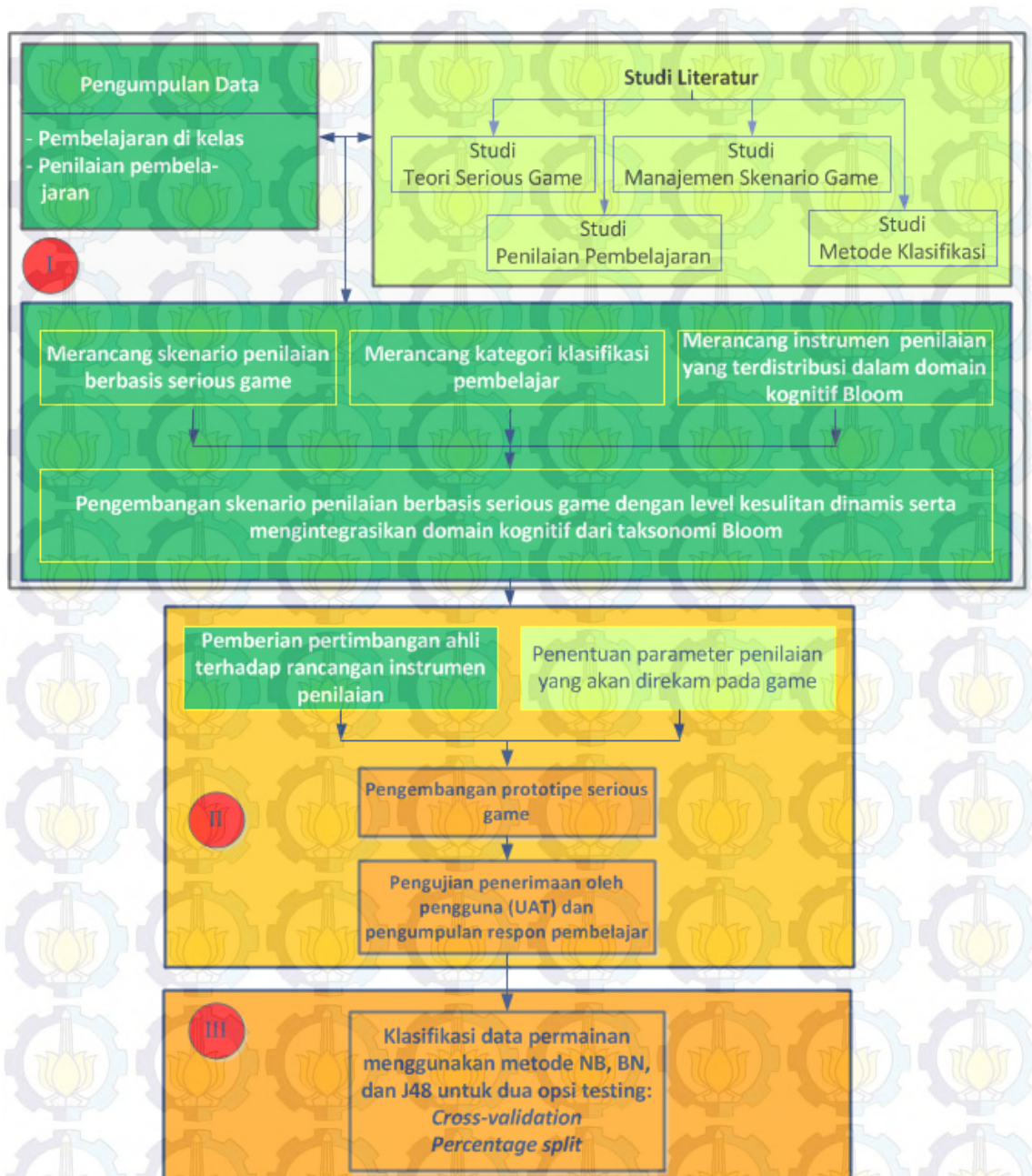
Kerangka pelaksanaan penelitian meliputi dua kegiatan pokok yaitu: kegiatan pengembangan dan pengujian sistem permainan. Pada kegiatan pengembangan dilakukan tahapan kegiatan:

1. merancang skenario permainan,
2. merancang permainan model FSM,
3. memetakan konten pengetahuan permainan,
4. melakukan verifikasi pengetahuan permainan melibatkan pakar, dan
5. mengimplementasikan rancangan permainan.

Sedangkan pada kegiatan pengujian dilakukan tahapan kegiatan:

1. pengujian penerimaan sistem permainan oleh pengguna,
2. pengumpulan respon pengguna terhadap penggunaan sistem permainan dalam penilaian pembelajaran, dan
3. klasifikasi data permainan menggunakan sejumlah metode klasifikasi yang digabungkan dengan beberapa opsi pengujian.

Resume dari kerangka umum pelaksanaan penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1.

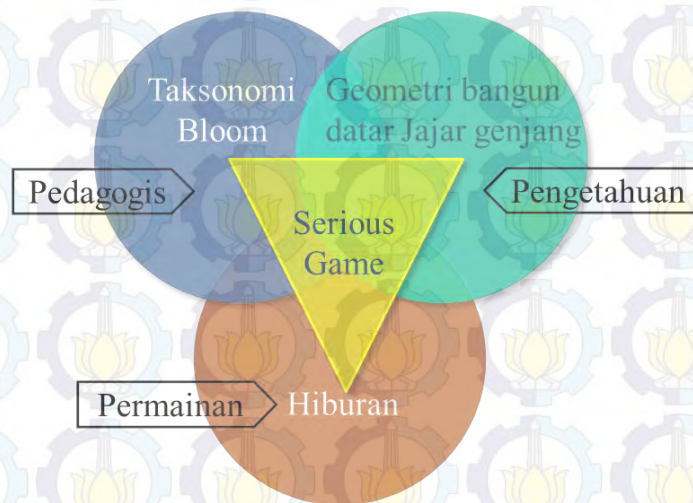


Gambar 3.1 Kerangka Umum Pelaksanaan Penelitian

3.2 Skenario Permainan

Sistem permainan yang dikembangkan adalah permainan yang tidak hanya untuk memberikan hiburan kepada pengguna, tetapi sistem hadir sebagai alternatif instrumen penilaian yang prospektif. Pernyataan ini memiliki implikasi bahwa pengembangan skenario mesti mampu mewujudkan kebutuhan dari sistem permainan yang selain memberikan hiburan kepada pemain, sekaligus hadir sebagai agen untuk mendukung terjadinya konstruksi pengetahuan yang melibatkan

sebagai komponen permainan pada diri pemain. Sistem yang dihasilkan juga mempertimbangkan aspek pedagogis yakni bagaimana hirarki konstruksi pengetahuan itu terbentuk pada diri pemain. Ketiga komponen (perhatikan Gambar 3.2) ini merupakan unsur yang wajib diwujudkan untuk memenuhi kebutuhan sistem permainan sebagai alternatif instrumen penilaian yang prospektif. Skenario permainan dirancang mempertimbangkan ketiga unsur *serious game*, yakni: unsur permainan, unsur pedagogis, dan unsur pengetahuan.



Gambar 3.2 Unsur-unsur *serious game*

(Dikutip dari Winn, 2011)

3.2.1 Skenario dari Unsur Permainan

Pada tahap penyusunan skenario dari unsur permainan dikerjakan kegiatan untuk menentukan:

1. genre permainan,
2. jumlah pemain yang dapat memainkan permainan dalam satu periode waktu bermain (permainan dengan pemain tunggal / jamak),
3. tugas pemain dihubungkan dengan peran karakter bermain dalam menjalankan misi permainan,
4. alur cerita yang dikembangkan dalam permainan,
5. banyak panggung (*stage*) yang dilibatkan dan komposisi nya dalam permainan, dan
6. bentuk-bentuk penghargaan atau hukuman yang diberikan kepada karakter bermain selama permainan.

3.2.2 Skenario dari Unsur Pedagogis

Dari unsur pedagogis; aktivitas yang dikerjakan dalam penyusunan skenario permainan meliputi aktivitas-aktivitas mendesain dan implementasi berikut:

1. pemunculan tantangan permainan sehingga dampak ikutan belajar yang terjadi pada individu pemain mengikuti hirarki pembelajaran dari Bloom yaitu dari tuntutan berpikir sederhana ke kompleks,
2. teknis pemunculan tantangan sehingga permainan tidak selalu memunculkan tantangan yang sama ke pemain dan pemain tidak menggunakan kemampuan menghafal dalam memberikan solusi dari sebuah tantangan,
3. aturan untuk menyesuaikan pemunculan level kesukaran tantangan (*dynamic level*) dengan kemampuan individu pemain sehingga pemain tidak cepat bosan atau frustrasi,
4. ukuran waktu yang dialokasikan ke pemain untuk menemukan solusi dari sebuah tantangan,
5. ketentuan ketuntasan pengetahuan pemain dalam satu level domain kognitif sebagai dasar dalam seleksi pemain yang berhak melanjutkan permainan ke level domain berikutnya,
6. bentuk bantuan (*Help*) yang dimunculkan dalam permainan sehingga terlihat bahwa kandungan pembelajaran yang terjadi melalui permainan adalah berorientasi proses dan bukan luaran semata,
7. perekaman atribut penilaian; sedapat mungkin merekam lebih banyak atribut data dan data dalam kondisi alami sehingga dapat mereduksi kontribusi unsur subjektif dalam pengambilan keputusan.

3.2.3 Skenario dari Unsur Pengetahuan

Layaknya dalam pembelajaran secara umum; konstruksi pengetahuan pada individu pemain sebagai dampak dari penggunaan permainan dalam penilaian pembelajaran adalah pemain memenuhi standar kompetensi (SK) dan kompetensi dasar (KD) dari muatan pengetahuan permainan.

Dalam penyusunan skenario dari unsur pengetahuan dilakukan kegiatan:

1. mempelajari SK dan KD dari muatan pengetahuan permainan,
2. memetakan SK dan KD muatan pengetahuan ke domain kognitif Bloom,

3. menyusun kisi-kisi tantangan permainan berdasarkan pemetaan SK dan KD ke domain kognitif dan penambahan komponen level kesukaran,
4. menentukan bentuk tantangan permainan,
5. merumuskan antisipasi terhadap kelemahan dari pilihan bentuk tantangan permainan,
6. menyusun tantangan berdasarkan kisi-kisi tantangan permainan, dan
7. verifikasi item tantangan permainan oleh pakar, dan
8. perbaikan item tantangan berdasarkan komentar dari tim verifikasi.

3.3 Rancangan Permainan Model FSM

Rancangan prinsip kerja sistem menggunakan model FSM yang digambarkan meliputi FSM untuk: kejadian *idle*, kontrol pemain oleh NPC, penyesuaian kesukaran tantangan, dan seleksi pemain yang diizinkan berlanjut ke level domain berikutnya.

3.3.1 FSM untuk Kejadian *Idle*

Peringatan ini diberikan ketika pengguna tidak memberikan respon dalam rentang waktu kejadian diam. Kejadian diam potensi terjadi karena pemain tidak fokus atau pemain tidak memiliki solusi dalam menyelesaikan tantangan. Dalam kasus kejadian diam karena pemain tidak fokus, agen dapat memberikan bimbingan aksi yang potensial dilakukan pemain karena aksi diam ini berpengaruh terhadap alokasi waktu yang dialokasikan ke pemain. Sedangkan dalam kasus kejadian diam yang terjadi akibat dari pemain tidak memiliki solusi dari tantangan dimunculkan oleh model, agen dapat memberikan bantuan tutorial. FSM untuk kejadian diam ditunjukkan pada Gambar 3.3.

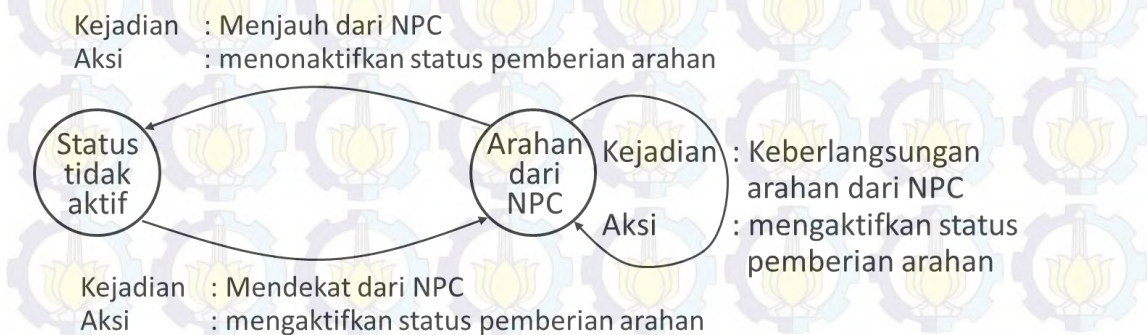
3.3.2 FSM Kontrol Pemain oleh NPC

Sistem permainan menciptakan sejumlah karakter tidak bermain (*non playable character* (NPC)) namun tidak semua NPC dapat berdiskusi dengan *playable character* (PC). Diskusi pemain dengan NPC dilakukan ketika pemain membutuhkan arahan untuk kegiatan berikutnya. Arahan ke pemain diperoleh

melalui cara mendekatkan pemain ke NPC. FSM untuk kontrol pemain oleh NPC ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.3 FSM untuk Kejadian *Idle*



Gambar 3.4 FSM untuk Kontrol Pemain oleh NPC

3.3.3 FSM Penyesuaian Kesukaran Tantangan

Level kesukaran tantangan yang dimunculkan dalam permainan mengacu pada rekaman kemampuan pemain pada penyelesaian tantangan sebelumnya. Strategi ini dirancang untuk mencegah pemain mengalami frustrasi atau bosan di awal-awal permainan. Kejadian pemain memberikan jawaban benar pada tantangan sebelumnya memicu *game* menaikkan level kesukaran dan sebaliknya menurunkan level kesukaran tantangan. Kasus khusus diberlakukan untuk status pemain yang sebelumnya mengerjakan tantangan dengan level kesukaran rendah

atau tinggi, di mana kejadian pemain memberikan jawaban salah maupun benar tidak menurunkan atau menaikkan level kesukaran tantangan. FSM untuk penyesuaian kesukaran tantangan ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 FSM untuk Penyesuaian Kesukaran Tantangan

3.3.4 FSM Seleksi Pemain yang Diizinkan Berlanjut ke Level Berikutnya

Taksonomi Bloom yang dilibatkan dalam rancangan permainan mensyaratkan bahwa pemain mesti tuntas di level domain sebelumnya untuk diizinkan melanjutkan permainan ke level berikutnya. Aturan belajar dari taksonomi Bloom ini diterjemahkan dalam bentuk aturan bahwa hanya pemain yang masuk kategori tuntas pada level domain sebelumnya diizinkan berlanjut ke level domain kognitif berikutnya. Aturan ini tidak berlaku di level domain kognitif tertinggi yang diimplementasikan di jenjang SD (C3). Ketika pemain dinyatakan tuntas pada level C3 maka permainan berhenti dan pemain memenangkan permainan. Ketika pemain belum tuntas di ketiga level domain kognitif maka permainan juga dihentikan dengan pemberian status pemain kalah dalam permainan (*Game over*). FSM untuk seleksi pemain yang diizinkan berlanjut ke level berikutnya ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 FSM untuk Seleksi Pemain yang diizinkan Berlanjut ke Level Berikutnya

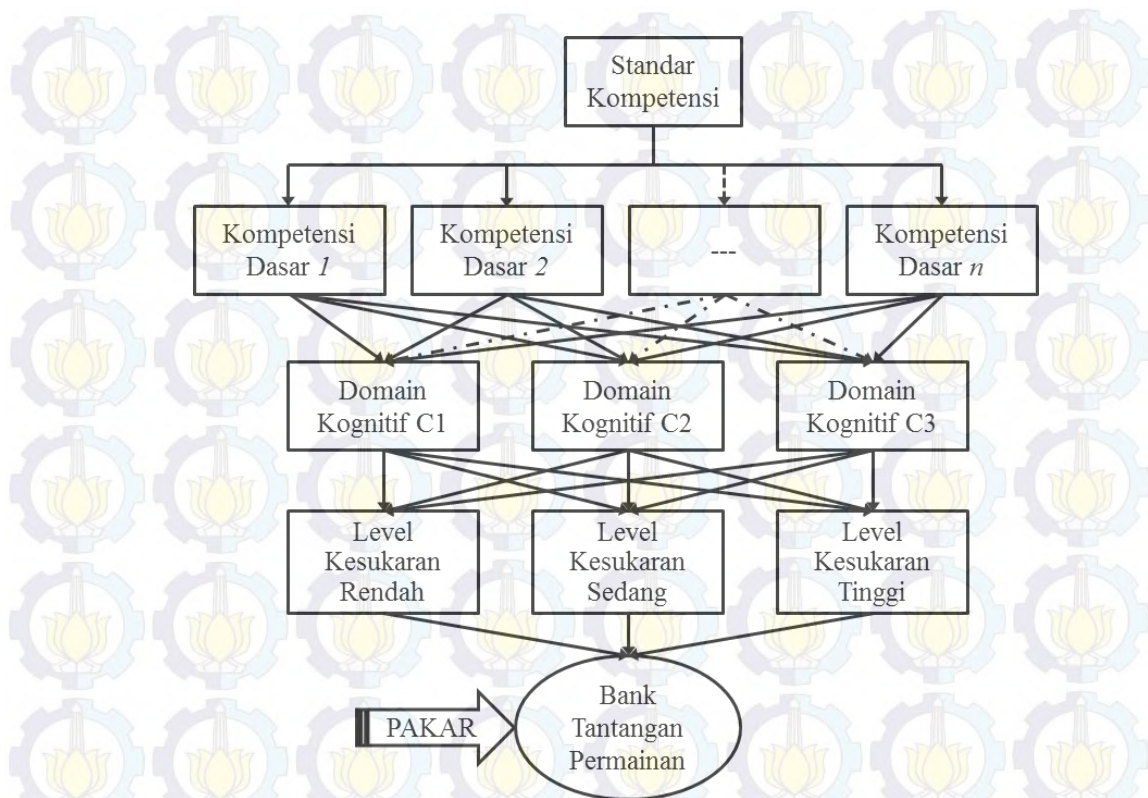
3.4 Pengujian Sistem Permainan

Pengujian sistem permainan meliputi pengujian: validitas konten tantangan permainan, penerimaan sistem oleh pengguna, dan tanggapan pengguna terhadap penggunaan sistem dalam penilaian pembelajaran matematika.

3.4.1 Pengujian Validitas Konten Tantangan Permainan

Tantangan permainan disusun sebagai bentuk usulan alternatif instrumen evaluasi untuk mengukur pencapaian kompetensi siswa dalam materi. Pengetahuan yang dilibatkan dalam komponen permainan (*serious game*) adalah materi geometri bangun datar jajar genjang untuk standar kompetensi siswa SD kelas 5.

Gambar 3.7 menunjukkan mekanis penyusunan tantangan permainan.



Gambar 3.7 Posisi Pengujian Validitas Konten Tantangan dalam skenario pengetahuan permainan

Pengujian validitas konten yang melibatkan pakar dilakukan ketika soal-soal untuk tantangan permainan sudah selesai disusun dengan mempertimbangkan unsur: SK, KD, level domain kognitif, dan level kesukaran. Masing-masing soal diberi kode sesuai kelompoknya dan pakar/ahli bertugas mencermati tantangan tersebut dari sisi: (a) pemenuhan SK, KD, (b) letak soal dalam domain kognitif, (c) level kesukaran, (d) bahasanya mudah dicerna, dan (e) pemenuhan kaidah penyusunan soal untuk level siswa SD.

3.4.2 Pengujian Penerimaan Sistem Permainan

Siklus dalam pengembangan sistem umumnya meletakkan tahapan uji untuk meyakinkan prototipe sudah memenuhi spesifikasi kebutuhan sistem (*system requirement specification* (SRS)). Pengujian melibatkan sekelompok pengguna (*user*) untuk meyakinkan bahwa sistem memberikan luaran sesuai harapan dalam sejumlah kemungkinan yang potensi muncul dalam pengoperasiannya.

Pengujian yang dilakukan untuk sistem permainan ini melalui tahapan:

1. mendata perilaku pemain yang potensi dimunculkan dalam periode bermain,
2. menyusun skenario pengujian berdasarkan prediksi perilaku pemain dan luaran yang dirancang untuk masing-masing kemunculan perilaku tersebut,
3. mengeksekusi data perilaku pemain yang muncul dalam daftar secara satu per satu untuk mencocokkan kesesuaian luaran dengan harapan,
4. merekam status setiap hasil eksekusi perilaku (apakah luaran sesuai harapan atau sebaliknya luaran tidak sesuai harapan) serta mencatat keganjilan-keganjilan yang dimunculkan sebagai hasil eksekusi,
5. mencermati keganjilan-keganjilan hasil pengujian yang muncul dalam kasus belum tercapainya kesesuaian luaran dengan harapan, dan
6. menyusun rekomendasi perbaikan untuk pemenuhan kebutuhan sistem.

3.4.3 Pengujian Respon Pengguna

Selain dua pengujian sebelumnya, dikumpulkan pula tanggapan pengguna terhadap pemakaian permainan berbasis taksonomi Bloom pada penilaian pembelajaran. Pengumpulan tanggapan pengguna menggunakan instrumen kuesioner Skala Likert dengan lima pilihan. Pernyataan yang dilibatkan dalam kuesioner meliputi 15 item, baik dalam bentuk pernyataan positif maupun negatif. Pilihan tanggapan untuk masing-masing pernyataan meliputi: sangat tidak setuju (STS), tidak setuju (TS), ragu-ragu (R), setuju (S) dan sangat setuju (SS). Skor tanggapan untuk masing-masing pernyataan diatur sebagai berikut. Untuk pernyataan negatif; skor 1, 2, 3, 4, dan 5 secara berurutan diberikan untuk tanggapan: SS, S, R, TS, dan STS yang diberikan oleh pengguna. Sebaliknya, untuk pernyataan positif; skor 5, 4, 3, 2, dan 1 diberikan ke pengguna yang memberikan tanggapan: SS, S, R, TS, dan STS. Total skor tanggapan untuk seorang pengguna merupakan jumlah skor dari 15 item pernyataan. Respon pengguna terhadap penggunaan permainan berbasis taksonomi Bloom dalam penilaian pembelajaran disimpulkan berdasarkan keanggotaan rata-rata skor (μ) dalam interval kategori.

Interval kategori tanggapan disusun mengikuti tahapan sebagai berikut.

1. Tentukan skor terendah (li) dan tertinggi ideal (hi) tanggapan pengguna yakni kemungkinan skor terendah dan tertinggi yang diperoleh sebagai skor tanggapan pengguna.
2. Tentukan skor rata-rata (mi) dan standar deviasi ideal (sdi) dengan rumus perhitungan:

$$mi = \frac{1}{2}(li + hi) \quad (3.1)$$

$$sdi = \frac{1}{6}(hi - li) \quad (3.2)$$

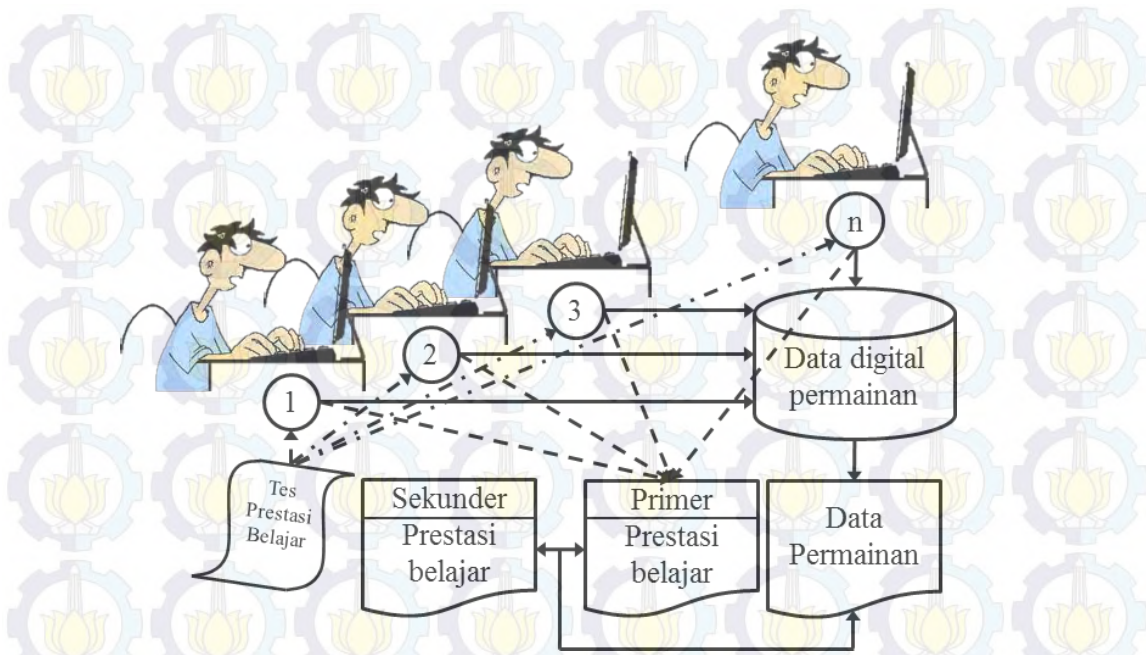
3. Susun pedoman kategori menggunakan skor mi dan sdi sebagai berikut.

| Interval kategori | Kategori |
|--------------------------------------|------------------|
| $mi + 1.5sdi \leq \mu$ | : Sangat Positif |
| $mi + 0.5sdi \leq \mu < mi + 1.5sdi$ | : Positif |
| $mi - 0.5sdi \leq \mu < mi + 0.5sdi$ | : Sedang |
| $mi - 1.5sdi \leq \mu < mi - 0.5sdi$ | : Negatif |
| $\mu < mi - 1.5sdi$ | : Sangat Negatif |

4. Cek keanggotaan rata-rata skor (μ) dalam interval kategori.

3.5 Pengumpulan Data Permainan

Pengumpulan data melibatkan siswa SD kelas 5 sebagai pembelajar sekaligus pemain. Siswa SD yang terlibat dalam pengumpulan data permainan ada 85 orang. Mereka dikumpulkan dari dua sekolah yaitu SD Negeri 3 Banjar Jawa dan SD Laboratorium Universitas Pendidikan Ganesha. Ada empat jenis data yang dikumpulkan, tiga diantaranya dari pemain dan satu dari pakar di sekolah yang lebih sering berinteraksi dengan siswa. Data dari pemain ini merupakan data primer yang diperoleh dari tiga bentuk instrumen penilaian. Instrumen penilaian tersebut adalah sistem permainan berbasis taksonomi Bloom, tes prestasi belajar, dan kuesioner skala Likert model lima pilihan. Ketiga data ini dikumpulkan langsung oleh tim peneliti. Data sekunder diperoleh melalui pencatatan data pakar. Bentuk data sekunder yang dikumpulkan dari pakar adalah skor prestasi belajar. Mekanisme pengumpulan data permainan ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Mekanisme Pengumpulan Data Permainan

Pemain memainkan sistem permainan berbasis taksonomi Bloom, menjawab tantangan, dan mengakses menu Help sesuai kebutuhan. Data permainan disimpan dalam bentuk data digital individu pemain. Data yang terpisah dari data digital individu pemain (dalam bentuk data prestasi belajar) dikumpulkan menggunakan instrumen prestasi belajar. Satu data lainnya yang juga dikumpulkan dari siswa adalah tanggapan siswa / pemain terhadap penggunaan sistem permainan berbasis taksonomi Bloom sebagai alternatif penilaian pembelajaran. Pengumpulan data sekunder dilakukan melalui pencatatan data dari guru pengampu mata pelajaran. Data sekunder mencatat prestasi belajar siswa pada materi yang dilibatkan dalam permainan.

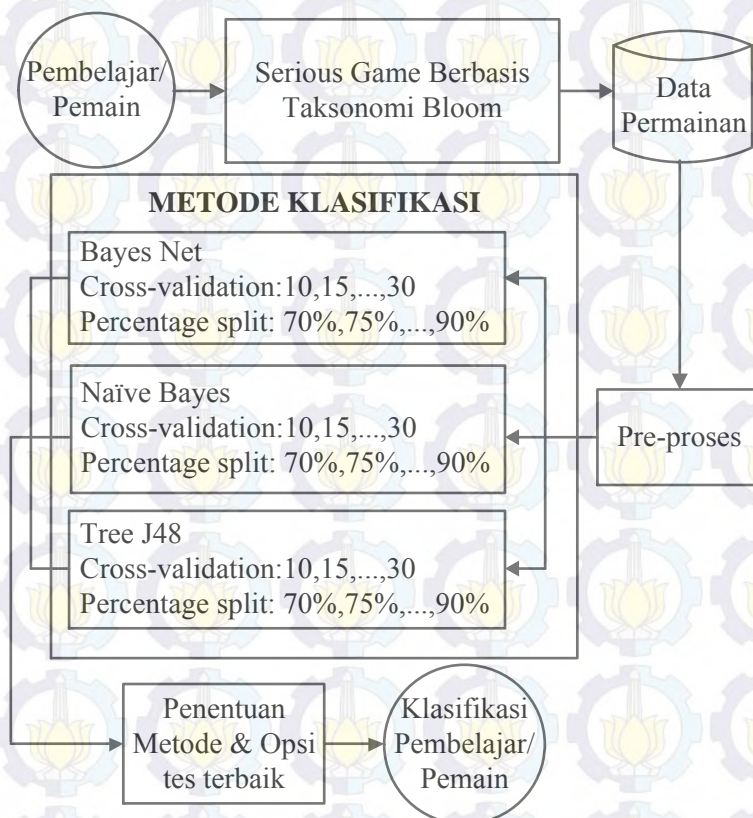
Data sekunder dibutuhkan sebagai data verifikasi data prestasi belajar siswa / pemain yang dikumpulkan secara langsung oleh peneliti. Dalam kasus munculnya ketidaksesuaian prestasi belajar di kedua data ditindaklanjuti dengan melakukan diskusi dengan guru pengampu. Kebuntuan dalam menetapkan keputusan (jika terjadi) dalam tahap verifikasi ditindaklanjuti melalui observasi bersama pada pengumpulan ulang data prestasi belajar menggunakan instrumen penilaian dengan level kesukaran yang setara. Data digital permainan digabungkan dengan data prestasi belajar untuk membentuk satu data permainan yang utuh. Data tanggapan pengguna terhadap penggunaan sistem permainan

berbasis taksonomi Bloom sebagai alternatif penilaian pembelajaran dikumpulkan segera setelah siswa / pemain melakukan permainan.

Keterbatasan alat pengumpul data digital permainan disiasati melalui penjadwalan pengumpulan data primer permainan sedemikian sehingga faktor luar tidak banyak berpengaruh terhadap hasil. Permainan dijadwalkan pagi hari mulai pukul 08.00 Wita. Satu periode bermain melibatkan sepuluh subjek pemain dengan tujuan untuk mempermudah melakukan observasi dan supervisi tambahan yang bersifat insidental. Pengumpulan data penelitian melibatkan dua personal tim peneliti.

3.6 Pengujian Klasifikasi Data Permainan

Pengujian klasifikasi data permainan dimaksudkan sebagai tahapan melihat kecocokan data yang diperoleh melalui sistem permainan untuk dijadikan dasar melakukan klasifikasi profil pemain. Pengujian dilakukan pada sejumlah metode serta opsi. Metode klasifikasi data permainan ini diimplementasikan meliputi tiga metode klasifikasi: Bayes Net, Naïve Bayes, dan J48. Penerapan ketiga metode klasifikasi ini digabungkan dengan dua opsi pengujian yaitu: validasi silang (*cross-validation*) dan pembagian berdasarkan persentase (*percentage split*) (perhatikan Gambar 3.9). Implementasi metode pengujian yang digabungkan dengan opsi validasi silang dilakukan untuk sejumlah periode pengulangan (*k-fold*). Demikian pula halnya dalam mengimplementasikan metode pengujian yang digabungkan dengan opsi *percentage split* dilakukan untuk sejumlah persentase. Periode pengulangan yang digunakan dalam metode opsi validasi silang adalah: 10, 15, 20, 25, dan 30. Sedangkan persentase data yang digunakan untuk pengujian pada opsi *percentage split* adalah 70%, 75%, 80%, 85%, dan 90% (Witten dkk., 2011).



Gambar 3.9 Mekanisme Klasifikasi Data Permainan Individu Pembelajaran

Ketiga metode klasifikasi ini diimplementasikan ke data permainan yang sudah dikenai tindakan pre-proses. Ada empat tindakan pre-proses yang dilakukan mengawali penerapan metode klasifikasi. Keempat tindakan pre-proses tersebut meliputi:

1. Verifikasi ukuran waktu yang digunakan pemain dalam menemukan solusi dari tantangan permainan.
2. Transformasi ukuran waktu terdeteksi nya pemain melakukan akses menu Help ke ukuran frekuensi akses.
3. Penentuan pengetahuan aktual pemain berdasarkan data pada atribut skor
4. Menentukan kategori kemampuan kognitif pemain (kurang, cukup, dan baik) berdasarkan hasil tes prestasi belajar matematika yang sudah divalidasi bersama pakar.

Verifikasi yang dilakukan terkait ukuran waktu yang digunakan pemain dalam menemukan solusi dari tantangan permainan adalah memberikan suatu ukuran waktu yang cukup lama untuk ukuran waktu pemain yang menyelesaikan

tantangan di domain tersebut karena status "*Game over*" di domain sebelumnya. Dalam status permainan "*Game over*" di satu domain; basis data permainan merekam ukuran waktu di awal status (*default*) sebagai ukuran waktu penyelesaian tantangan. Ukuran waktu *default* adalah 0 detik. Sudah tentu rekaman ukuran waktu untuk beberapa tantangan permainan yang berstatus "*Game over*" di suatu domain (domain C1 atau C2) tidak valid. Untuk kasus yang seperti itu, ukuran waktu penyelesaian tantangan ditetapkan ukuran waktu yang cukup lama. Ukuran waktu yang diberikan adalah 600 detik. Ini merupakan ukuran waktu yang tidak pernah muncul sebagai ukuran waktu penyelesaian tantangan di dalam data empiris permainan.

Melihat uraian pada skenario permainan, variasi data permainan yang terkait ukuran waktu akses menu Help tentu berpotensi heterogen antar satu pemain dengan pemain lainnya. Konsekuensi dari kondisi heterogen yang berpotensi muncul pada data ukuran waktu akses menu Help adalah tuntutan kompleksitas metode / keterampilan yang diimplementasikan dalam tahapan analisis. Berdasar-kan pertimbangan tersebut maka dalam melakukan klasifikasi data permainan dilakukan transformasi dari ukuran waktu pemain melakukan akses menu Help ke ukuran frekuensi tercatat nya pemain melakukan akses ke menu Help.

Pengetahuan aktual didefinisikan sebagai kedalaman pemahaman yang dimiliki individu pembelajar yang menuntun ke pendalaman materi berikutnya. Pembelajar dengan pengetahuan aktual kategori baik mampu menerapkan pengetahuan yang dimiliki dalam melakukan konstruksi pengetahuan baru tanpa banyak dipengaruhi oleh faktor di luar dirinya. Dalam data permainan; pengetahuan aktual individu pemain dapat dilihat dari rekaman permainan di atribut skor. Pemain dengan pengetahuan aktual kategori baik minimal menunjukkan tidak pernah mengalami penurunan skor di antara sembilan rekaman skor pemain.

Dalam fase pelatihan (*training*); mekanisme klasifikasi data permainan membutuhkan satu label kelas pemain yang diperoleh dari data sebelumnya. Yang sering dilakukan dalam klasifikasi; data label kelas dibangun berdasarkan data pakar atau yang dikumpulkan menggunakan instrumen standar. Pada klasifikasi data permainan di penelitian ini label kelas dibangun menggunakan data menggu-

nakan instrumen standar oleh peneliti dan diverifikasi dengan data sekunder dari pakar di kelas (ibu/bapak guru siswa). Label kelas yang dibangun meliputi label: kurang, cukup dan baik.

Langkah selanjutnya adalah klasifikasi menggunakan tiga metode yang digabungkan dengan dua opsi pengujian pada data setelah pre-proses. Hasil ketiga metode ini dibandingkan untuk melihat: persentase benar hasil klasifikasi, kategori *agreement* hasil klasifikasi dan *mean absolut error* yang dihasilkan masing-masing metode. *Agreement* didefinisikan sebagai persentase kesamaan hasil klasifikasi yang diberikan oleh beberapa penilai. Kategori *agreement* didasarkan pada keanggotaan nilai Kappa (κ) hasil klasifikasi dalam interval kategori berikut.

$0,81 \leq \text{Nilai Kappa } (\kappa) \leq 1,00$: Sangat baik

$0,61 \leq \text{Nilai Kappa } (\kappa) < 0,81$: Baik

$0,41 \leq \text{Nilai Kappa } (\kappa) < 0,61$: Sedang

$0,21 \leq \text{Nilai Kappa } (\kappa) < 0,41$: Cukup

$\text{Nilai Kappa } (\kappa) < 0,21$: Kurang

(Cohen, 1960)

Pengujian klasifikasi memiliki tujuan untuk mendapatkan metode dan opsi pengujian terbaik untuk kasus rekaman data permainan.

BAB IV

***SERIOUS GAME* BERBASIS TAKSONOMI BLOOM SEBAGAI ALTERNATIF PENILAIAN PEMBELAJARAN MATEMATIKA**

Fokus pembahasan di Bab IV ini adalah terkait pengembangan *serious game* berbasis taksonomi Bloom yang selanjutnya disebut BoTySeGa. BoTySeGa merupakan kependekan dari terjemahan frase "*serious game* berbasis taksonomi Bloom" ke bahasa Inggris menjadi "*Bloom taxonomy-based serious game*". Pembahasan mencakup deskripsi BoTySeGa, skenario BoTySeGa, mesin *game* BoTySeGa, pengujian penerimaan BoTySeGa oleh pengguna, dan respon siswa / pemain terhadap penggunaan BoTySeGa sebagai alat penilaian pembelajaran matematika.

4.1 BoTySeGa

BoTySeGa merupakan *game* pendidikan yang dibangun untuk menghadirkan alternatif penilaian pembelajaran matematika. Kehadiran *game* ini bertujuan memberikan pilihan pendekatan penilaian yang memungkinkan mencatat data dari lebih banyak atribut sehingga pengaruh unsur subjektif pada hasil penilaian dapat dikurangi. Hasil penilaian dengan bantuan BoTySeGa diharapkan lebih objektif sehingga berpotensi memberikan hasil penilaian yang lebih baik. Kehadiran penilaian yang baik menjadi bagian penting dalam pembelajaran karena hasil penilaian dapat menentukan arah dari pembelajaran. Penilaian yang tidak tepat berpotensi memunculkan kekeliruan pada penerapan pendekatan pembelajaran (Sluijsmans dan Struyven, 2014;)(Andrade-Aréchiga dkk., 2012)(Chen dan Michael, 2005).

Permainan BoTySeGa menggabungkan tiga unsur (pedagogi, pengetahuan dan permainan) ke dalam sebuah sistem sehingga BoTySeGa ini memiliki daya pembeda dari permainan (*game*) pada umumnya. Sistem BoTySeGa melibatkan unsur pedagogi dalam bentuk peniruan hirarki belajar dari Bloom yang dimulai dari proses yang sederhana menuju ke kompleks. Penggunaan taksonomi Bloom dalam kerangka pembelajaran ditemukan dapat meningkatkan prestasi

pembelajar (Hawks, 2010). Pada unsur pengetahuan; BoTySeGa melibatkan materi geometri bangun datar untuk siswa SD kelas 5 sebagai materi dalam penyusunan tantangan permainan. Lebih spesifik; materi geometri yang dilibatkan adalah bangun datar jajar genjang. Pertimbangan dalam penggunaan materi geometri didorong oleh realitas dalam praktik pembelajaran pada materi ini sering mengalami kendala. Sistem BoTySeGa tidak mengabaikan unsur kesenangan (*fun*) yang menjadi unsur dasar dalam teknologi permainan. Ketiga unsur *serious game* ini dikemas dalam bentuk *game* dari genre petualangan "Grantang" (tokoh tampan dan baik budi) pada cerita rakyat Bali yang berjudul "I Cupak Teken I Grantang".

Permainan BoTySeGa merupakan permainan dengan pemain tunggal (*single player*) yang memiliki tanggung jawab mengarahkan pergerakan PC, membantu PC menemukan solusi dari tantangan permainan, dan memantik PC untuk melakukan akses menu Help dalam kasus belum ditemukan nya solusi yang tepat dari tantangan permainan. Untuk kebutuhan penilaian karakteristik pemain; BoTySeGa merekam tiga atribut data ke basis data eksternal bersamaan dengan pemunculan atribut tersebut dalam permainan. Ketiga atribut yang direkam dalam permainan BoTySeGa meliputi: skor, ukuran waktu yang dibutuhkan untuk menemukan solusi dari tantangan permainan, dan ukuran waktu ketika pemain melakukan akses ke menu Help.

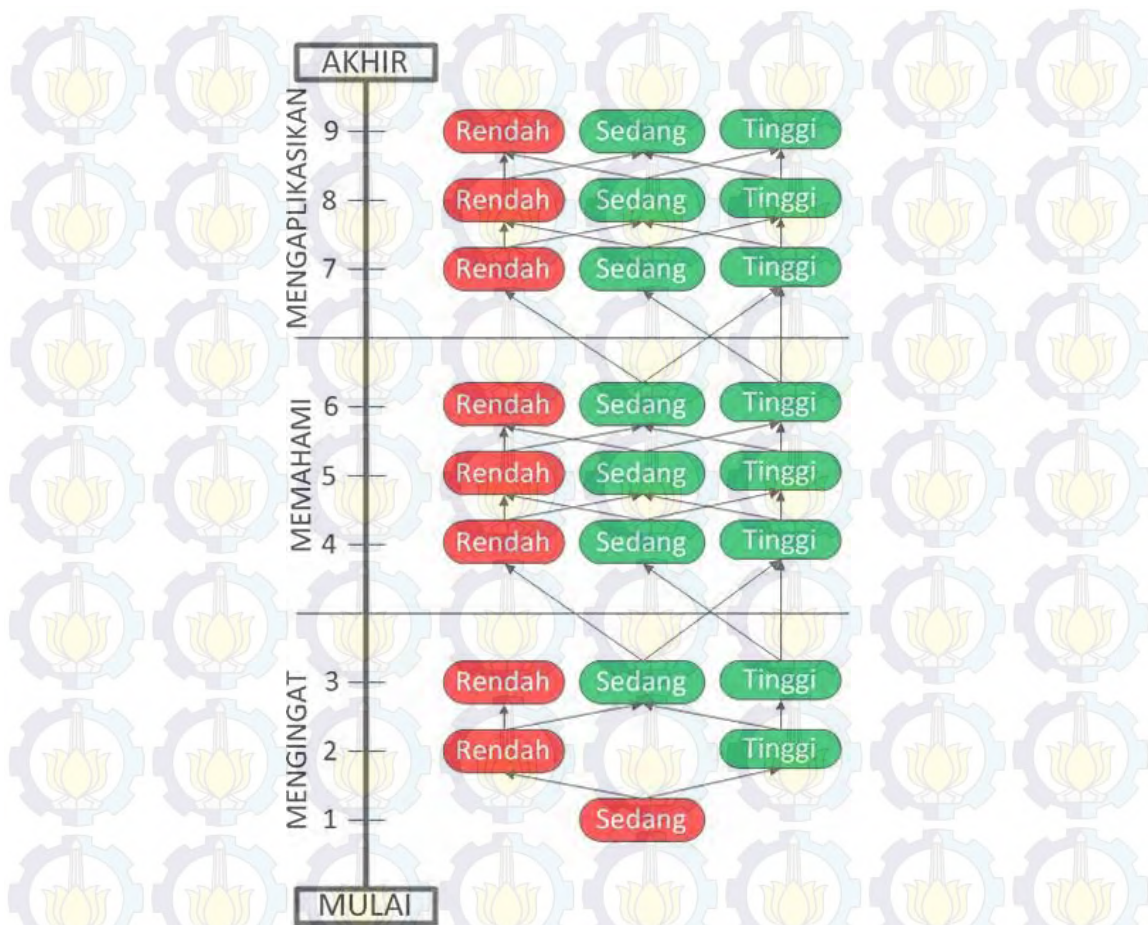
4.2 Skenario BoTySeGa

Seperti diuraikan di subbab 4.1; genre dari permainan BoTySeGa adalah petualangan, yakni petualangan PC Grantang dalam menyelamatkan putri Galuh dari penculikan yang dilakukan oleh raksasa yang bernama Menaru. Skenario permainan secara garis besar dipilah menjadi tiga panggung (*stage*) yaitu panggung istana kerajaan Kediri, hutan desa, dan goa tempat tinggal Menaru. Masing-masing panggung mencerminkan domain kognitif taksonomi Bloom yang dilibatkan sebagai unsur pedagogi permainan.

Di tiga panggung permainan disusun skenario yang mendukung kerangka BoTySeGa agar dapat tampil sebagai sebuah pendekatan baru penilaian pembelajaran matematika. Di unsur pengetahuan; skenario yang dipertimbangkan meli-

puti bentuk dan pemetaan distribusi tantangan dalam BoTySeGa. Bentuk tantangan di BoTySeGa adalah pilihan ganda dengan empat opsi. Pilihan empat opsi ini untuk menyesuaikan dengan opsi pada soal pilihan ganda yang umum digunakan di jenjang SD. Tantangan dalam bentuk pilihan ganda tidak merupakan bentuk tantangan yang paling bagus karena memberikan peluang kepada pemain untuk melakukan cara acak dalam memberikan solusi. Akan tetapi tantangan bentuk pilihan ganda yang dirancang dengan baik yang menggabungkan domain belajar yang berbeda dari taksonomi Bloom masih potensi digunakan sebagai metode penilaian keterampilan berpikir kritis dalam kelas skala besar (Kim dkk., 2012). Upaya tambahan yang dilakukan untuk memperkecil peluang bias data yang diakibatkan karena cara untung-untungan (*gambling*) yang dilakukan oleh pemain dalam memberikan solusi adalah memberikan tiga kali kesempatan kepada pemain menyelesaikan tantangan di level domain kognitif yang sama. Skenario pemetaan distribusi tantangan di dalam BoTySeGa diuraikan lebih rinci pada subbab 4.3.3 dan 4.3.4.

Dari unsur pedagogi dipertimbangkan bagaimana mewujudkan kerangka *serious game* yang konstruktivistik. Kerangka *serious game* yang konstruktivistik berarti mengupayakan agar konstruksi pengetahuan sebagai dampak yang ditimbulkan dari aktivitas bermain terjadi dalam *zone of proximal development* (zpd) individu pemain. Konstruksi pengetahuan berlangsung sesuai dengan karakteristik individu pemain dan dengan kapasitas penggunaan bantuan yang tepat. Pemuahan kebutuhan di unsur pedagogis dalam permainan BoTySeGa dilakukan melalui tiga cara yaitu: menyesuaikan level kesukaran tantangan dengan kemampuan individu pemain, melakukan seleksi pada individu pemain yang diizinkan melanjutkan ke level domain berikutnya, dan menyediakan fitur akses ke menu Help. Level kesukaran tantangan permainan dirancang dinamis (*auto leveling*) mengikuti aturan (*rule*) yang ditunjukkan di Gambar 4.1. Aturan *auto leveling* yang diterapkan masih dalam bentuk aturan statik. Di Gambar 4.1 juga ditunjukkan aturan seleksi pemain yang diizinkan berlanjut ke level berikutnya. Latar belakang warna merah dalam gambar persegi dengan sudut melengkung yang muncul pada kesempatan ke tiga di masing-masing domain kognitif mewakili individu pemain yang mesti berhenti sampai di domain tersebut. Rasional dalam



Gambar 4.1 Aturan penentuan level kesukaran dan seleksi status pemain di permainan BoTySeGa

penentuan aturan individu pemain yang diizinkan berlanjut / harus berhenti di satu level domain kognitif diberikan dalam Tabel 4.1.

Di antara tiga atribut data permainan yang direkam; atribut ukuran waktu yang dibutuhkan untuk menemukan solusi dari tantangan dan pemain melakukan akses ke menu Help direkam langsung tanpa perlu ada transformasi. Satu atribut yang perlu mendapat perlakuan aturan sebelum disimpan ke basis data permainan adalah skor pemain untuk sebuah tantangan. Aturan skor yang dirancang dalam BoTySeGa adalah sebagai berikut. Skor untuk solusi tepat yang diberikan oleh pemain menyesuaikan dengan level kesukaran tantangan yang diselesaikan. Untuk tiga level kesukaran tantangan permainan (rendah, sedang, dan tinggi), pemberian skor diatur berturut-turut 1, 2, dan 3. Sebaliknya untuk solusi yang belum tepat, skor yang diberikan adalah 0.

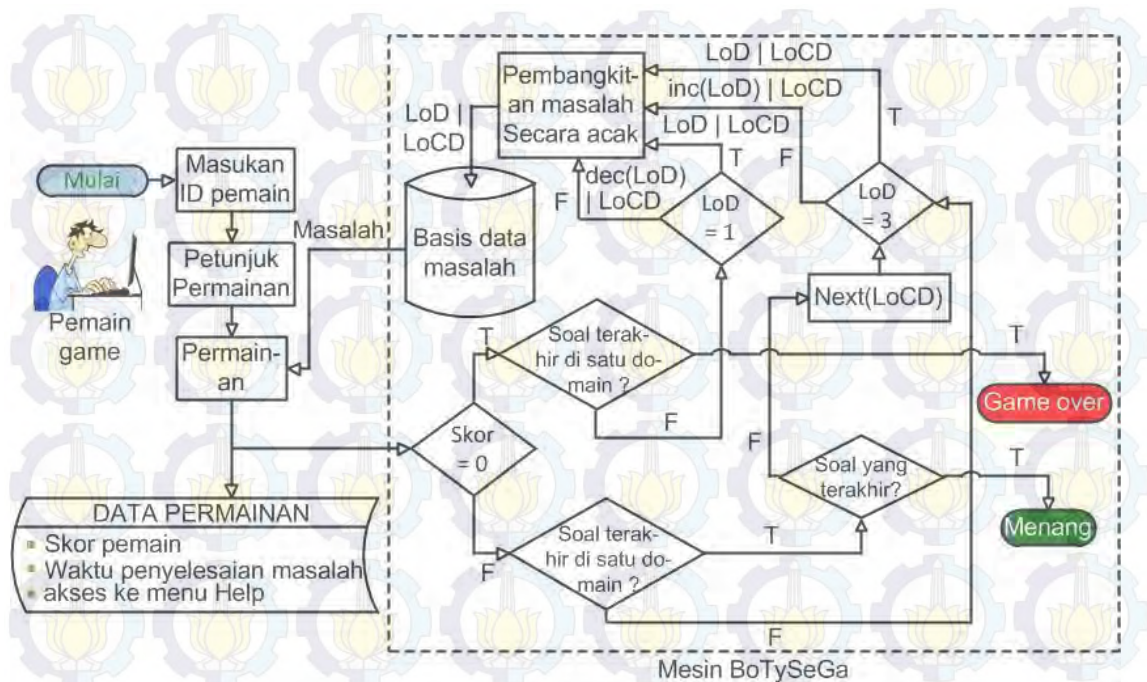
Tabel 4.1 Rasional penentuan individu pemain yang diizinkan berlanjut / harus berhenti di satu level domain kognitif

| No | Solusi | | | Status | Deskripsi |
|----|--------|---|---|--------|--|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | Gagal | Sama sekali tidak menunjukkan adanya usaha belajar |
| 2 | 0 | 0 | 1 | Lanjut | usaha belajar berhasil meskipun dalam rentang waktu yang lama |
| 3 | 0 | 1 | 0 | Gagal | Hasil belajar yang ditunjukkan belum signifikan mewakili dimilikinya kompetensi dasar. |
| 4 | 0 | 1 | 1 | Lanjut | Usaha belajar yang dilakukan siswa cukup berhasil mencapai standar kompetensi. |
| 5 | 1 | 0 | 0 | Gagal | Hasil bagus yang ditunjukkan di awal kemungkinan merupakan hasil gambling atau tidak ada usaha |
| 6 | 1 | 0 | 1 | Lanjut | Usaha belajar berhasil meskipun sempat menurun namun cepat kembali menyadari kondisinya |
| 7 | 1 | 1 | 0 | Gagal | Secara perlahan menunjukkan bahwa pemain tidak memahami kompetensi dasar |
| 8 | 1 | 1 | 1 | Lanjut | Pemain memiliki pengetahuan yang baik sejak awal dan tetap terpelihara sampai di akhir. |

4.3 Rancangan Mesin BoTySeGa

Secara umum, pada mesin permainan BoTySeGa dibangun dua agen yakni: agen penilaian pembelajaran dan agen pembelajar. Rancangan dari mesin permainan dapat dilihat pada Gambar 4.2. Di gambar; LoCD mewakili level domain kognitif pengetahuan tantangan, sedangkan LoD mewakili level kesukaran tantangan permainan. Kedua kata ini secara berturut-turut merupakan kependekan dari *level of cognitive domain* dan *level of problem's difficulty*.

Agen penilaian pembelajaran dilengkapi dengan dua fungsi dan dua prosedur yaitu: (a) fungsi untuk membangkitkan tantangan permainan, (b) fungsi untuk menentukan level kesukaran tantangan, (c) prosedur untuk melakukan seleksi pemain yang memiliki izin untuk melanjutkan permainan ke tantangan



Gambar 4.2 Rancangan Mesin BoTySeGa

level domain kognitif berikutnya, dan (d) prosedur untuk merekam data permainan ke dalam basis data permainan BoTySeGa. Sedangkan agen pembelajar meliputi fungsi untuk: (a) melakukan login akses, (b) mengakses menu Help, dan (c) mengirim solusi dari sebuah tantangan.

BoTySeGa juga dilengkapi dengan basis data pengetahuan tantangan dan rekaman data permainan. Basis data pengetahuan tantangan permainan dibangun untuk menyimpan 45 item tantangan permainan yang dimunculkan sebagai tantangan dalam permainan BoTySeGa. Keempat puluh lima item tersebut mewakili tantangan untuk tiga domain kognitif Bloom (C1, C2, dan C3) dan tiga level kesukaran (rendah, sedang, dan tinggi). Basis data permainan mencatat pengalaman pemain dalam memainkan permainan BoTySeGa.

4.3.1 Agen Penilaian Pembelajaran

Sebagaimana dijelaskan di atas; salah satu fungsi yang dilibatkan dalam penilaian pembelajaran adalah fungsi untuk membangkitkan tantangan permainan. Fungsi ini memilih sebuah tantangan di antara sejumlah tantangan yang disimpan dalam basis data pengetahuan tantangan. Tantangan permainan yang dibangkitkan mesti memiliki kesesuaian dengan level kemampuan pemain di domain tersebut serta level domain kognitif di mana pemain sedang berada. Untuk mengakomodir

persyaratan tersebut maka wajib dimiliki pengetahuan terkait: level kesukaran dan domain kognitif tantangan pada permainan sebelumnya. Selanjutnya fungsi memanfaatkan kedua data ini sebagai data masukan dalam membangkitkan tantangan berikut yang akan dihadapkan ke pemain. Luaran dari fungsi ini adalah sebuah tantangan baru yang dipilih secara random di antara sub basis data pengetahuan tantangan. Pemilihan secara random hanya dilakukan pada sub tantangan yang sebelumnya sudah dibatasi berdasarkan data masukan dan aturan yang disusun dalam skenario permainan. Data masukan dan luaran serta mekanisme yang dilakukan pada fungsi pembangkitan tantangan permainan ditunjukkan pada Algoritma 4.1.

Algoritma 4.1 Algoritma pembangkitan tantangan permainan

Input : LoD, LoCD

Output : ID-tantangan

Proses :

 par1 \leftarrow LoD

 par2 \leftarrow LoCD

 ID-tantangan \leftarrow random (LoD, LoCD)

Pemanggilan fungsi pembangkitan tantangan permainan yang memberikan luaran sebuah tantangan yang dihadapkan ke pemain umumnya diawali oleh penentuan level kesukaran dan domain kognitif. Penentuan kedua level ini dibutuhkan untuk membentuk sub dari keseluruhan basis data tantangan di mana pembangkitan tantangan secara random dilakukan. Tahapan ini tidak diberlakukan pada penentuan tantangan permainan yang pertama. Sistem permainan BoTySeGa telah menetapkan bahwa tantangan pertama dimunculkan dari level domain kognitif C1 dari level kesukaran sedang. Belum adanya data di awal juga menjadi pertimbangan untuk tidak mengikuti tahapan umum pembangkitan tantangan pada pembangkitan tantangan pertama permainan BoTySeGa.

Penentuan level kesukaran dirancang untuk mencegah pemain mengalami frustrasi dini atau bosan yang diakibatkan oleh level kesukaran tantangan yang dihadapi pemain lebih tinggi atau rendah dibanding kemampuan yang dimiliki individu pemain. Penentuan level kesukaran tantangan membutuhkan data level kesukaran tantangan yang dikerjakan pemain pada tantangan

sebelumnya dan solusi yang diberikan sebagai jawaban atas tantangan permainan tersebut. Fungsi penentuan level kesukaran tantangan permainan menggunakan kedua data ini sebagai masukan. Luaran dari fungsi ini adalah level kesukaran tantangan yang disarankan untuk tantangan berikutnya. Mekanisme penentuan level kesukaran tantangan permainan dideskripsikan pada Algoritma 4.2.

Algoritma 4.2 Algoritma penentuan level kesukaran tantangan

Input :PrevLoD, solusi

Output :LoD

Proses :

If solusi benar then

if PrevLoD == 1 then LoD ← PrevLoD

else

 LoD ← Dec(LoD)

endif

Else

if PrevLoD == 3 then

 LoD ← PrevLoD

else

 LoD ← Inc(LoD)

endif

Endif

Pengalaman belajar yang diharapkan diperoleh melalui permainan BoTySeGa beranjak dari yang sederhana menuju ke kompleks. Rancangan perolehan belajar dalam permainan BoTySeGa mengakomodir taksonomi belajar oleh Bloom yang mensyaratkan hanya individu pembelajar yang tuntas dalam pembelajaran di domain sebelumnya saja diizinkan melanjutkan belajar ke domain berikutnya. Implikasi dari rancangan permainan ini adalah tidak semua pemain memiliki kesempatan mengerjakan semua tantangan permainan. Individu pemain siapa saja yang diberikan kesempatan untuk melanjutkan permainan ke level domain kognitif berikutnya mengacu pada aturan yang disusun pada Tabel 4.1.

Prosedur seleksi individu pemain yang berhak memperoleh izin melanjutkan permainan ke level domain kognitif berikutnya membutuhkan data masukan yang meliputi: level kesukaran dan domain kognitif, solusi yang diberikan, dan nomor urut dari tantangan sebelumnya. Luaran dari prosedur ini adalah level kesukaran dan domain kognitif tantangan serta status pemain.

Mekanisme seleksi pemain yang diizinkan melanjutkan permainan ke level domain kognitif berikutnya dideskripsikan pada Algoritma 4.3.

Algoritma 4.3 Algoritma seleksi pemain yang diizinkan lanjut ke domain kognitif berikutnya

Input : PrevLoD, PrevLoCD, Solusi, item

Output : LoD, LoCD, status

Proses :

```
If Solusinya tidak tepat then
    if mod(item,3) == 0 then status ← "Game Over"
    // pemain mengirimkan solusi tidak tepat di kesempatan terakhir
    // pada satu domain kognitif
    else
        if PrevLoD == 1 then LoD ← PrevLoD
        else
            LoD ← Dec(PrevLoD)
        endif
    endif
    Else
        //pemain mengirimkan solusi yang tepat
        If mod(item,3) == 0 & div(item,3) == 3 then status ← "Win"
        else
            if PrevLoD == 3 then LoD ← PrevLoD
            else
                LoD ← Inc(PrevLoD)
            endif
        endif
    Endif
```

Pengalaman individu pemain dalam memainkan permainan BoTySeGa direkam ke dalam basis data permainan sebagai data permainan. Data primer permainan yang direkam meliputi tiga atribut yakni: skor, ukuran waktu pengiriman solusi, dan waktu akses menu Help. Atribut skor direkam dalam tipe data ordinal dengan rentang skor berkisar antara 0 sampai 3. Dua atribut berikutnya yaitu waktu pengiriman solusi dan akses menu Help direkam dalam tipe data rasio menggunakan satuan pengukuran dalam detik. Prosedur perekaman data permainan membutuhkan dua data masukan yaitu level kesukaran tantangan dan solusi yang dikirim untuk tantangan tersebut. Luaran yang diberikan oleh prosedur ini meliputi tiga luaran yaitu skor, ukuran waktu pengiriman solusi dan

waktu akses menu Help. Mekanisme perekaman data permainan individu pemain BoTySeGa ditunjukkan pada Algoritma 4.4.

Algoritma 4.4 Algoritma Rekam Skor

```
Input  : Item, LoD, Solusi, Kunci
Output : Skor, Waktu_Solusi
Proses :
  Do While not (Kirim solusi)
    Timer on
    On Klik Solusi do
      If Cek_Solusi (Item, Solusi, Kunci) then
        Case LoD of
          rendah : Skor  $\leftarrow$  1
          sedang : Skor  $\leftarrow$  2
          tinggi : Skor  $\leftarrow$  3
        Endcase
      Else
        Skor  $\leftarrow$  0
      Endif
      Waktu_Solusi  $\leftarrow$  Timer
    End
  Endwhile
```

4.3.2 Agen Pembelajaran

BoTySeGa Menambahkan fitur *login access* untuk menjamin keunikan rekaman data untuk masing-masing individu pemain. Masing-masing individu pemain hanya boleh berkorelasi dengan satu dan hanya satu data permainan BoTySeGa. Implikasi dari rancangan ini adalah individu pemain yang sudah tercatat dengan identitas yang sama di dalam basis data permainan tidak diizinkan lagi untuk mendaftar sebagai pemain baru. Untuk melakukan *login access*, pemain diminta mengetik *Nama* dan *Nomor Absen*. Masukan *Nama* dan *Nomor Absen* yang diketikkan oleh individu pemain selanjutnya dicocokkan dengan data *Nama* dan *Nomor Absensi* yang terekam dalam basis data permainan. Apabila sistem belum menemukan identitas yang sama dengan *Nama* dan *Nomor Absen* individu pemain maka *Nama* dan *Nomor Absen* yang diketikkan direkam sebagai data identitas pemain yang baru. Fungsi *login access* ini memberikan luaran status

keberadaan data pemain (*Nama* dan *Nomor Absen*) di dalam basis data permainan. Mekanisme kerja fungsi *login access* ditunjukkan pada Algoritma 4.5 berikut.

Algoritma 4.5 Algoritma Login access

Input : user, pass
Output : Status_terekam
Proses :
 Open(basis data pemain)
 Status_terekam \leftarrow IsTerekam(user, pass)
 If not (Status_terekam) then
 Append (username, password)
 Endif

Fitur akses menu Help dirancang untuk memfasilitasi pemain melakukan konstruksi pengetahuan nya sendiri. Akses ke menu Help dirancang untuk mengimplementasikan tahapan *scaffolding* pada kerangka *serious game* yang konstruktivistik. *Scaffolding* dimaknai sebagai pengurangan secara perlahan bantuan ke individu belajar dalam melakukan konstruksi pengetahuan sehingga individu belajar dalam *zone of proximal development* (zone belajar dengan kualitas bantuan yang tepat). Sistem mencatat ukuran waktu ketika pemain melakukan akses ke menu Help. Masing-masing individu pemain diizinkan melakukan akses ke menu Help lebih dari sekali. Mekanisme akses menu Help dirancang dalam bentuk fungsi dengan masukan adalah item soal dan luaran nya adalah ukuran waktu pemain mengakses menu Help. Mekanisme kerja fungsi ini ditunjukkan pada Algoritma 4.6.

Algoritma 4.6 Algoritma akses menu Help

Input : Item
Output : Waktu_Akses_Help
Proses :
 Timer On
 Open (basis data pemain)
 On akses menu Help
 Return (waktu_akses_Help)
 Append (waktu_akses_Help)
 End

Selain kedua fungsi di atas; BoTySeGa juga menyertakan mekanisme untuk merekam skor dan waktu pengiriman solusi. Mekanisme ini dirancang

dalam bentuk prosedur yang membutuhkan masukan berupa item, kunci, dan solusi tantangan. Luaran dari mekanisme ini adalah skor dan ukuran waktu pada saat pemain mengirimkan jawaban untuk tantangan tersebut. Ketika pemain mengirimkan solusi untuk sebuah tantangan, sistem akan merekam ukuran waktu pada saat itu serta melakukan pencocokan antara solusi yang dikirim dengan kunci untuk tantangan tersebut. Dalam kasus luaran dari proses pencocokan kunci dan solusi tantangan adalah tepat maka skor yang diberikan mengacu pada level kesukaran tantangan permainan. Solusi tepat untuk level kesukaran tantangan berturut-turut dari kategori rendah, sedang, dan tinggi adalah 1, 2, dan 3. Sebaliknya untuk solusi yang belum tepat maka skor yang diperoleh adalah 0. Mekanisme pengiriman solusi ini ditunjukkan pada Algoritma 4.7 berikut.

Algoritma 4.7 Algoritma Kirim Solusi

Input : item, LoD, solusi, kunci

Output :

Proses :

Open (Basis data Pemain)

Timer On

On Klik solusi do

Rekam_Skor(Item,LoD,Solusi,Kunci, Skor, Waktu_Solusi)

Append (Skor, Waktu_Solusi)

4.3.3 Pemetaan Distribusi Tantangan dalam BoTySeGa

Pengetahuan yang dilibatkan dalam permainan BoTySeGa adalah geometri bangun datar jajar genjang untuk siswa sekolah dasar kelas 5. Pemetaan dilakukan dalam dua dimensi yaitu dimensi level domain kognitif dan level kesukaran. Pada dimensi domain kognitif; permainan BoTySeGa melibatkan tiga domain kognitif pertama dari Bloom yang direvisi yaitu: mengingat (*remember*), memahami (*understand*), dan menerapkan (*apply*). Dalam pembelajaran di jenjang sekolah dasar; siswa mesti mencapai ketuntasan di tiga domain tersebut. Ketiga domain kognitif ini diterjemahkan menjadi level tantangan permainan BoTySeGa. Pemain dirancang menghadapi tiga buah tantangan di masing-masing domain / level permainan. Tantangan permainan ini kemungkinan dari level kesukaran rendah, sedang, atau tinggi. Pengelompokan tantangan BoTySeGa dalam bentuk matriks dua dimensi ditunjukkan pada Table 4.2. Indikator yang

digunakan dalam pengelompokan pengetahuan yang dilibatkan dalam permainan BoTySeGa didefinisikan dalam Table 4.3. Indikator tersebut disusun berdasarkan pertimbangan domain kognitif Bloom, standar kompetensi, dan level kesukaran tantangan.

Tabel 4.2 Matriks Dua Dimensi Pendistribusian Tantangan BoTySeGa

| Level kesukaran tantangan | Domain kognitif | | |
|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | C1 | C2 | C3 |
| Rendah | C _{1L} | C _{2L} | C _{3L} |
| Sedang | C _{1M} | C _{2M} | C _{3M} |
| Tinggi | C _{1H} | C _{2H} | C _{3H} |

Tabel 4.3 Pendefinisian Indikator Tantangan Permainan BoTySeGa

| No | Grup | Indikator |
|----|-----------------|--|
| 1 | C _{1L} | Kemampuan mengingat prinsip-prinsip dasar sebuah segi empat merupakan jajar genjang berdasarkan fakta dasar. |
| 2 | C _{1M} | Kemampuan mengingat prinsip-prinsip dasar sebuah segi empat adalah jajar genjang dari jangkauan yang lebih luas dari fakta dasar dan mengklasifikasi apakah segi empat merupakan jajar genjang. |
| 3 | C _{1H} | Kemampuan mengingat prinsip-prinsip dasar bahwa sebuah segi empat merupakan jajar genjang berdasarkan teori yang utuh dan mengklasifikasi apakah segi empat merupakan jajar genjang. |
| 4 | C _{2L} | Kemampuan untuk memahami prinsip-prinsip dasar segiempat adalah jajar genjang dan mengklasifikasikan apakah sebuah segiempat adalah jajar genjang ketika dinyatakan dengan cara yang berbeda. |
| 5 | C _{2M} | Kemampuan untuk memahami prinsip-prinsip dasar segiempat adalah jajar genjang, mengklasifikasikan apakah segiempat adalah jajar genjang melalui interpretasi dan menghitung nilai dari suatu elemen. |

- | | | |
|---|----------|---|
| 6 | C_{2H} | Kemampuan untuk memahami prinsip-prinsip dasar segiempat adalah jajar genjang, mengklasifikasikan apakah segiempat adalah jajar genjang melalui penentuan konsekuensi atau efek dari fakta sebelumnya dan menghitung nilai dari suatu elemen. |
| 7 | C_{3L} | Kemampuan untuk menerapkan prinsip-prinsip jajar genjang di masalah nyata dengan menerapkan aturan-aturan dasar. |
| 8 | C_{3M} | Kemampuan untuk menerapkan prinsip-prinsip jajar genjang di masalah nyata melalui penerapan konsekuensi atau efek dari fakta sebelumnya. |
| 9 | C_{3H} | Kemampuan untuk menerapkan prinsip-prinsip jajar genjang di dunia nyata menerapkan konsekuensi atau efek dari fakta sebelumnya yang terintegrasi dengan konsep lain. |
-

4.3.4 Basis Data Tantangan Permainan

Basis data tantangan BoTySeGa menyediakan 45 item tantangan yang siap dipilih sebagai tantangan permainan. Ke empat puluh lima tantangan ini diberi label identitas 1-45 dan didistribusikan ke dalam sembilan grup tantangan yang didefinisikan dalam matriks dua dimensi Tabel 4.1. Label identitas ini digunakan sebagai dasar dalam penyusunan tantangan permainan yang dalam istilah teknis nya dikenal sebagai kisi-kisi penyusunan soal/tantangan. Lazimnya, soal untuk domain dan level kesukaran yang sama tidak disusun berurutan untuk mereduksi kemungkinan pemain membangun hafalan dalam menentukan solusi dari sebuah tantangan permainan. Tantangan permainan disusun berdasarkan enam definisi standar kompetensi geometri bangun datar jajar genjang yang ditunjukkan dalam Table 4.4.

4.4 Pengujian Penerimaan Pengguna

Spesifikasi kebutuhan pengembangan permainan BoTySeGa adalah menghadirkan alternatif penilaian pembelajaran yang memberikan data tunggal untuk masing-masing individu pemain, bersifat dinamis dalam penentuan level kesukaran soal, mengarahkan pengalaman belajar dari yang sederhana ke kompleks, serta merekam lebih banyak atribut pengalaman belajar. Untuk memperoleh

Tabel 4.4 Basis Data Pendistribusian Tantangan BoTySeGa

| Standar Kompetensi | C1 | | | C2 | | | C3 | | |
|---|-------------|----|----|-----------|--------|----|-----------|--------|----|
| | Pengetahuan | | | Pemahaman | | | Penerapan | | |
| | L | M | H | L | M | H | L | M | H |
| Sepasang-sepasang sisi yang berhadapan adalah paralel | 1 | 17 | | | | | | | |
| Sepasang-sepasang sisi yang berhadapan adalah kongruen | 3 | 25 | 27 | 14; 19 | 7 | 8 | 35; 41 | | 40 |
| Sepasang-sepasang sudut yang berhadapan adalah kongruen | 2 | 15 | 11 | 23; 24 | 16; 18 | 22 | 30 | 32 | 42 |
| Sudut yang bersebelahan adalah berpelurus | 6 | 24 | 31 | | 9 | 13 | 37 | 39 | 43 |
| Sepasang sisi yang berhadapan adalah kongruen dan paralel | | 5 | 20 | | 29 | 33 | | 38 | 44 |
| Diagonal membagi sama panjang satu dan yang lainnya | 4 | | 10 | 12 | | 36 | 21 | 26; 28 | 45 |
| Jumlah item tantangan | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

data pemenuhan spesifikasi kebutuhan sistem dilakukan satu tahap kegiatan yaitu pengujian penerimaan sistem oleh pengguna. Pengujian penerimaan pengguna (*user acceptance testing* (UAT)) permainan BoTySeGa dilakukan mengikuti skenario yang ditunjukkan dalam Tabel 4.5.

Table 4.5 Skenario UAT Permainan BoTySeGa

| No | Skenario | Masukan | Luaran yang diharapkan |
|----|---|---|---|
| 1 | Membiarkan kolom Nama dan Absensi kosong | Nama atau Absensi kosong | Menampilkan pesan yang meminta pengguna mengisi kolom Nama dan absensi. |
| 2 | Memasukkan Nama atau Absensi yang sudah terekam dalam basis data. | Nama atau Absensi yang sudah terekam dalam basis data | Menampilkan pesan yang mengingatkan pemain bahwa Nama atau Absensi sudah terekam dalam basis data |

| | | |
|---|---|--|
| | | pemain. |
| 3 | Memasukkan Nama dan Absensi yang belum terekam dalam basis data. | Nama dan Absensi yang belum terekam dalam basis data. Nama pemain dan Absensi terekam dalam basis data pemain. |
| 4 | Mengarahkan karakter bermain ke karakter tidak bermain yang tidak menyimpan kendali permainan | Mengarahkan karakter bermain ke karakter tidak bermain yang tidak menyimpan kendali permainan Sistem permainan sama sekali tidak memunculkan pesan |
| 5 | Mengarahkan karakter bermain ke karakter tidak bermain yang menyimpan kendali permainan | Mengarahkan karakter bermain ke karakter tidak bermain yang menyimpan kendali permainan Sistem permainan memunculkan pop-up komunikasi yang mengarahkan pergerakan dari karakter bermain |
| 6 | Mengirimkan solusi tidak tepat untuk tantangan ke tiga di satu domain kognitif | Solusi tidak tepat untuk tantangan ke tiga di satu domain kognitif Sistem permainan memunculkan status " <i>Game over</i> " dan menghentikan permainan di level domain kognitif tersebut |
| 7 | Mengirimkan solusi tepat untuk tantangan ke tiga di satu domain kognitif | Solusi tepat untuk tantangan ke tiga di satu domain kognitif Sistem permainan melanjutkan permainan ke level domain kognitif berikutnya. Respon ini tidak dilakukan ketika permainan sudah di level domain kognitif menerapkan (<i>apply</i>). |
| 8 | Mengirimkan solusi tepat untuk tantangan ke tiga di domain kognitif <i>apply</i> . | Solusi tepat untuk tantangan ke tiga di domain kognitif <i>apply</i> Sistem permainan memunculkan status "Menang" dan berhenti. |

4.4.1 Login Access

Sistem BoTySeGa merekam secara langsung data permainan bersamaan dengan aktivitas pemain dalam permainan tersebut. Dengan pertimbangan agar tidak terjadi kekeliruan dalam menentukan data untuk seorang pemain maka sistem merekam *Nama* dan *Nomor Absensi* sebagai tambahan dari data inti permainan yang meliputi: skor, ukuran waktu pengiriman solusi, ukuran waktu akses menu Help. Setiap kali permainan dilakukan; data permainan otomatis direkam ke dalam basis data permainan. *Nama* dan *Nomor Absensi* diatur unik. Sistem tidak memberikan kesempatan kepada pemain dengan *Nama* dan *Nomor Absensi* yang sama memiliki dua atau lebih rekaman data yang berbeda. Dalam pengujian penerimaan pengguna; spesifikasi sistem yang hanya mengizinkan adanya rekaman tunggal untuk seorang individu pemain sudah dipenuhi. Visualisasi dari pemenuhan spesifikasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.3 dan 4.4. Gambar 4.3 (a-b) menampilkan kasus *Nama* atau *Nomor Absensi* yang dimasukkan oleh pemain sudah menjadi anggota dari basis data permainan melalui rekaman sebelumnya. Permainan BoTySeGa memunculkan pesan "Nama ini telah didaftarkan sebelumnya". Sebaliknya pada Gambar 4.4 (a-b) *Nama* dan *Nomor Absensi* pemain belum tercatat sebagai data pemain yang telah didaftarkan sebelumnya. *Nama* dan *Nomor Absensi* pemain ini berhasil ditambahkan sebagai data pemain baru dalam basis data permainan.

4.4.2 Karakter Tidak Bermain dengan VS. tanpa Navigasi

Ada sejumlah NPC yang dikembangkan dalam permainan BoTySeGa. Salah satu kepentingan yang mendorong dikembangkan nya beberapa NPC ini adalah menampilkan lingkungan permainan mendekati nyata. Namun demikian; tidak semua NPC dilengkapi dengan informasi navigasi yang dibutuhkan untuk mengarahkan PC dalam melaksanakan misinya. PC mesti berkomunikasi dengan NPC yang memiliki informasi navigasi untuk mengarahkan pergerakan nya dalam misi petualangan.



(a)

| | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|------|----|----|
| + Options | | | | user_id username password usergroup | | | |
| Edit Inline Edit Copy Delete | | | | 24 | adit | 12 | 10 |
| Check All / Uncheck All With selected: | | | | Change Delete Export | | | |
| Show : 30 | | | | row(s) starting from row # 0 in horizontal | | | |

(b)

Gambar 4.3 Tampilan UAT untuk Kasus Gagal Melakukan *Login Access*



| Options | | | | | user_id | username | password | usergroup | | | | |
|--|--|------|--|-------------|---------|----------|----------|-----------|--------|---------|----|----|
| <input type="checkbox"/> | | Edit | | Inline Edit | | Copy | | Delete | 24 | adit | 12 | 10 |
| <input type="checkbox"/> | | Edit | | Inline Edit | | Copy | | Delete | 50 | player1 | 1 | 0 |
| <input type="checkbox"/> Check All / <input type="checkbox"/> Uncheck All With selected: | | | | | | Change | | Delete | Export | | | |

Gambar 4.4 Tampilan UAT untuk Kasus Berhasil Melakukan *Login Access*

BoTySega mengimplementasikan skenario ini dengan melibatkan menu pop-up sebagai ruang untuk menampilkan informasi "pergi ke mana atau apa yang dikerjakan" berikutnya. Hasil pengujian menunjukkan skenario ini ditunjukkan pada Gambar 4.5 (a-b). Gambar 4.5 (a) menunjukkan kondisi ketika PC berhadapan dengan NPC yang memiliki informasi navigasi. PC bertemu dengan NPC patih kerajaan yang menyampaikan pengumuman dari kerajaan Kediri. Informasi ini akan mengarahkan PC memasuki istana kerajaan untuk mendapatkan informasi selanjutnya. Sebaliknya Gambar 4.5 (b) menunjukkan kondisi ketika PC berhadapan dengan NPC yang tidak memiliki informasi navigasi. Pada kondisi ke dua, sistem sama sekali tidak menampilkan pesan.



(a)



(b)

Gambar 4.5 Dua Jenis Karakter NPC

4.4.3 Seleksi Pemain yang Berlanjut atau Berhenti ke / di Satu level Domain

Pengalaman belajar dalam permainan BoTySeGa dirancang mengikuti hirarki pembelajaran oleh Bloom, dimulai dari pengetahuan/keterampilan yang sederhana ke kompleks. Hirarki ini memiliki implikasi bahwa ketuntasan pembelajaran pada domain sebelumnya menjadi prasyarat bagi pembelajar untuk melanjutkan ke pembelajaran domain berikutnya. Permainan BoTySeGa menerjemahkan prasyarat ini ke dalam aturan yang dirancang untuk hanya mengizinkan pemain yang mencapai ketuntasan pada domain sebelumnya saja melanjutkan permainan ke level domain kognitif berikutnya. Pemain yang tidak mencapai ketuntasan pada satu level domain kognitif harus berhenti dari permainan dengan status "*Game Over*". Aturan filtrasi dalam menentukan pemain yang diizinkan melanjutkan atau harus berhenti di satu level domain kognitif merujuk pada ketentuan yang dituangkan dalam Tabel 4.1.

Implementasi hirarki Bloom dalam permainan BoTySeGa sudah berhasil merespon kedua kemungkinan yang dimunculkan sebagai pengalaman belajar pemain. Gambar 4.6 menunjukkan tampilan BoTySeGa untuk kondisi pemain yang diizinkan melanjutkan ke level domain kognitif berikutnya. Dalam basis data permainan (Gambar 4.6 (b)) ditunjukkan bahwa pemain memberikan solusi tepat pada dua kesempatan terakhir untuk tantangan yang diberikan di domain kognitif C1. Merujuk aturan yang dituangkan di Tabel 4.1, pengalaman belajar pemain seperti ini masuk dalam kategori tuntas dan diizinkan melanjutkan ke level domain kognitif berikutnya. Sebaliknya; pengalaman belajar pemain yang ditunjukkan di gambar 4.7 (b) masuk dalam kategori belum tuntas. Untuk kasus pengalaman belajar seperti ini, pemain tidak berhak mendapat izin untuk melanjutkan permainan ke level berikutnya. Permainan berhenti dengan status "*Game Over*" seperti ditunjukkan pada Gambar 4.7 (a).



(a)

+ Options
← T →

| | user_id | username | password | usergroup | banned | soal1 | soal2 | soal3 | soal4 |
|---|---------|------------|----------|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|
| <input type="checkbox"/> Edit <input checked="" type="checkbox"/> Inline Edit <input checked="" type="checkbox"/> Copy <input checked="" type="checkbox"/> Delete | 24 | adit | 12 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <input type="checkbox"/> Edit <input checked="" type="checkbox"/> Inline Edit <input checked="" type="checkbox"/> Copy <input checked="" type="checkbox"/> Delete | 54 | PassPlayer | 6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 |

↑ Check All / Uncheck All With selected: ☐ Change ☒ Delete ☒ Export

Show : 30 row(s) starting from row # 0 in horizontal mode and repeat headers after

(b)

Gambar 4.6 Tampilan UAT Pemain yang Diizinkan ke Level Domain Berikutnya



(a)

+ Options
← T →

| | user_id | username | password | usergroup | banned | soal1 | soal2 | soal3 | soal4 |
|---|---------|------------|----------|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|
| <input type="checkbox"/> Edit <input checked="" type="checkbox"/> Inline Edit <input checked="" type="checkbox"/> Copy <input checked="" type="checkbox"/> Delete | 24 | adit | 12 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <input type="checkbox"/> Edit <input checked="" type="checkbox"/> Inline Edit <input checked="" type="checkbox"/> Copy <input checked="" type="checkbox"/> Delete | 54 | PassPlayer | 6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 |
| <input type="checkbox"/> Edit <input checked="" type="checkbox"/> Inline Edit <input checked="" type="checkbox"/> Copy <input checked="" type="checkbox"/> Delete | 56 | FailPlayer | 7 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |

↑ Check All / Uncheck All With selected: ☐ Change ☒ Delete ☒ Export

Show : 30 row(s) starting from row # 0 in horizontal mode and repeat headers after

(b)

Gambar 4.7 Tampilan UAT Pemain yang Berhenti di Level Domain Kekinian

4.4.4 Status Pemain Memenangkan Permainan

Dua status akhir pemain dalam permainan BoTySeGa adalah: pemain kalah atau pemain memenangkan permainan. Pemain yang memenangkan permainan dapat dipastikan secara keseluruhan mengerjakan sembilan tantangan dan mengirimkan solusi tepat di tantangan ke sembilan / tantangan terakhir. Tampilan permainan BoTySeGa dalam kasus pemain memenangkan permainan ditunjukkan pada Gambar 4.8. Salah satu contoh tampilan data permainan untuk kasus pemain yang memenangkan permainan ditunjukkan pada Gambar 4.9. Sedangkan untuk status pemain yang kalah; tampilan UAT nya seperti ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.8 Tampilan UAT Pemain yang Memenangkan Permainan BoTySeGa

| user_id | username | password | usergroup | banned | soal1 | soal2 | soal3 | soal4 | soal5 | soal6 | soal7 | soal8 | soal9 | waktu1 | waktu2 | waktu3 | waktu4 | waktu5 | waktu6 | waktu7 | waktu8 | waktu9 |
|---------|------------|----------|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 24 | adit | 12 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 54 | PassPlayer | 6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 13 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 56 | FailPlayer | 7 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 15 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 57 | winPlayer | 8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 13 | 24 | 4 | 8 | 28 | 20 | 8 | 29 |

Gambar 4.9 Data Permainan Pemain yang Memenangkan Permainan BoTySeGa

4.5 Respon Pembelajaran

Tanggapan pembelajar terkait penggunaan permainan BoTySeGa sebagai alternatif penilaian pembelajaran dijamin menggunakan kuesioner Skala Likert dengan lima opsi. Kuesioner melibatkan lima belas (15) item pernyataan positif maupun negatif. Untuk pernyataan positif; skor 1,2,3,4, dan 5 secara berturut-turut

diberikan untuk pemain yang memberikan tanggapan sangat tidak setuju (STS), tidak setuju (TS), ragu-ragu (R), setuju (S), dan sangat setuju (SS). Sebaliknya; untuk pernyataan negatif, skor tersebut diberikan secara berturut-turut untuk pemain yang memberikan tanggapan sangat setuju (SS), setuju (S), ragu-ragu (R), tidak setuju (TS), dan sangat tidak setuju (STS). Dengan demikian; skor terendah (*li*) dan tertinggi ideal (*hi*) yang didapatkan pemain untuk 15 item pernyataan berturut-turut adalah 15 dan 75.

Berdasarkan kedua skor *li* dan *hi* disusun pedoman pengkategorian tanggapan pemain sebagai berikut.

$$mi \text{ (rata-rata ideal) } = \frac{1}{2} \times (li + hi)$$

$$mi = \frac{1}{2} \times (15 + 75)$$

$$mi = 45$$

$$sdi \text{ (standar deviasi ideal) } = \frac{1}{6} \times (hi - li)$$

$$sdi = \frac{1}{6} \times (75 - 15)$$

$$sdi = 10.$$

Aturan yang digunakan dalam menyusun pedoman kategori adalah:

$$mi + 1,5 \times sdi \leq \text{Rata-rata skor tanggapan} : \text{Sangat positif}$$

$$mi + 0,5 \times sdi \leq \text{Rata-rata skor tanggapan} < mi + 1,5 \times sdi : \text{Positif}$$

$$mi - 0,5 \times sdi \leq \text{Rata-rata skor tanggapan} < mi + 0,5 \times sdi : \text{Cukup}$$

$$mi - 1,5 \times sdi \leq \text{Rata-rata skor tanggapan} < mi - 0,5 \times sdi : \text{Negatif}$$

$$\text{Rata-rata skor tanggapan} < mi - 1,5 \times sdi : \text{Sangat negatif}$$

Sehingga pedoman kategori berdasarkan skor *li* dan *hi* menjadi:

$$60 \leq \text{Rata-rata skor tanggapan} : \text{Sangat positif}$$

$$50 \leq \text{Rata-rata skor tanggapan} < 60 : \text{Positif}$$

$$40 \leq \text{Rata-rata skor tanggapan} < 50 : \text{Cukup}$$

$$30 \leq \text{Rata-rata skor tanggapan} < 40 : \text{Negatif}$$

$$\text{Rata-rata skor tanggapan} < 30 : \text{Sangat negatif}$$

Data dari 85 responden (perhatikan lampiran 7) memberikan rata-rata skor tanggapan sebesar 59,93. Apabila dilihat di dalam pedoman kategori; rata-rata skor tanggapan pemain masuk dalam kategori positif. Secara kasat mata bahkan rata-rata skor ini sangat dekat ke batas bawah interval untuk kategori respon sangat positif yaitu 60.

BAB V

KLASIFIKASI DOMAIN KOGNITIF PEMBELAJAR MATEMATIKA MENGGUNAKAN METODE BAYES NET, NAÏVE BAYES, DAN J48

Di Bab V ini pembahasan memfokus pada klasifikasi domain kognitif data permainan BoTySeGa menggunakan tiga metode klasifikasi: Bayes Net (BN), Naïve Bayes (NB), dan J48. Pembahasan mencakup: deskripsi metode klasifikasi: BN, NB, dan J48, data permainan BoTySeGa, tahap pre-proses, dan klasifikasi data permainan BoTySeGa dengan metode BN, NB, dan J48.

5.1 Klasifikasi BN, NB, dan J48

Bayes Net (BN), yang juga dikenal sebagai Bayesian Networks, merupakan model grafik yang banyak digunakan untuk pemodelan masalah perindustrian dikarenakan kemampuan probabilistik dan grafis dalam penalaran dalam kondisi ketidakpastian. Di bidang pendidikan, BN potensi diaplikasikan untuk menentukan status kemampuan siswa. BN didasarkan pada aturan Bayes (Tan dan Tay, 2010). Berikut adalah pendefinisian dari aturan Bayes:

- Diberikan n atribut A_i yang nilainya a_i dengan $i = 1, 2, 3 \dots n$.
- Tentukan C sebagai label kelas dan $E = (a_1, a_2, a_3 \dots a_n)$ sebagai instan yang belum memiliki kelas. E akan diklasifikasi ke kelas C dengan probabilitas posterior tertinggi. Aturan Bayes untuk klasifikasi adalah:

$$P(C | E) = \arg \max_c P(C)P(E | C) \quad (5.1)$$

Klasifikasi Bayesian yang lain yang juga diketahui sebagai *state-of-the-art* adalah Naïve Bayes (NB). Klasifikasi ini sudah dibuktikan sebagai algoritma komputasi yang efektif, efisien, dan sederhana untuk aplikasi *machine learning* dan *data mining*. Metode klasifikasi NB mengasumsikan bahwa keseluruhan atribut dalam satu kelas adalah independen terhadap label kelas. Berdasarkan asumsi ini, revisi aturan Bayes untuk menghasilkan aturan Bayes yang baru menjadi sebagai berikut.

$$P(C | E) = \arg \max_C P(C) \prod_{i=1}^n P(A_i | C) \quad (5.2)$$

Algoritma klasifikasi J48 merupakan versi perbaikan dari pohon keputusan C4.5 yang telah dikembangkan untuk pembangkitan pohon keputusan C4.5 yang direduksi (*pruning*) maupun yang tidak direduksi (*un-pruning*) (Chauhan dkk., 2013)(Witten dkk., 2011) . J48 membangun pohon keputusan dari data pelatihan yang sudah memiliki label menggunakan konsep *entropy* informasi. Metode ini menggunakan fakta bahwa masing-masing atribut data dapat digunakan membuat keputusan dengan cara memilahnya menjadi sub data. J48 menguji gain informasi yang dinormalisasi (selisih dalam *entropy*) yang dihasilkan dari pemilihan sebuah atribut untuk memilah data. Keputusan yang dibuat mengacu pada gain informasi dinormalisasi yang tertinggi. Selanjutnya tahapan algoritma diulang pada sub data yang lebih kecil. Prosedur pemisahan dihentikan apabila tercapai kondisi bahwa semua instan di sub data sudah memiliki label kelas yang sama. Dalam kondisi ini dibuat simpul daun pada pohon keputusan yang memilih kelas tersebut. Kondisi lain mungkin terjadi yang dengan mana tidak ada satu fitur pun yang memberikan gain informasi. Dalam kondisi seperti ini J48 membuat simpul keputusan yang lebih tinggi pada pohon menggunakan nilai harapan kelas tersebut. J48 tetap dapat diimplementasikan baik untuk atribut data kontinu maupun diskrit, data training yang nilai atributnya tidak lengkap, dan atribut dengan nilai yang berbeda. Selebihnya, J48 juga menyediakan opsi untuk melakukan penyederhanaan tree setelah tree terbentuk.

5.2 Data Permainan BoTySeGa

5.2.1 Jenis, Tipe dan Cakupan Data

Data yang direkam dalam permainan BoTySeGa meliputi tiga atribut yakni: skor pemain dalam menjawab tantangan (s), ukuran waktu yang digunakan pemain dalam menemukan solusi dari tantangan (t), ukuran waktu ketika pemain melakukan akses ke menu Help (A2H). Satu atribut data diturunkan dari data skor yaitu pengetahuan aktual (AKn). Pengetahuan aktual didefinisikan sebagai retensi nyata pada individu siswa sebagai hasil dari proses belajar dan berguna untuk pemahaman pengetahuan selanjutnya. Data pada tiga atribut pertama mewakili

perilaku pemain dalam permainan BoTySeGa. Rekaman data diperoleh secara langsung melalui proses kerja sistem. Berbeda dari data pada tiga atribut sebelumnya; data pada atribut AKn diperoleh dari penentuan frekuensi fluktuasi pada data skor. Frekuensi fluktuasi dihitung melalui tahapan yang disusun pada algoritma penentuan AKn yang disajikan di subbab 5.3. Data lainnya yakni prestasi belajar siswa dikumpulkan menggunakan tes prestasi berbasis kertas. Data ini mewakili prestasi belajar siswa pada materi keilmuan yang dilibatkan sebagai materi tantangan permainan.

Tipe dan rentang data yang direkam dalam permainan BoTySeGa adalah sebagai berikut. Data skor direkam sebagai data tipe ordinal dengan rentang meliputi: 0, 1, 2, dan 3. Skor 0 mewakili perilaku pemain yang belum tepat atau tidak mengirimkan solusi dari tantangan permainan. Skor 1, 2, dan 3 berturut-turut mewakili perilaku pemain yang sudah tepat mengirimkan solusi dari tantangan permainan dengan level kesukaran rendah, sedang, dan tinggi.

Tipe data yang digunakan untuk mencatat waktu yang dihabiskan pemain dalam menemukan solusi dari tantangan permainan adalah rasio. Waktu yang dihabiskan dicatat dalam satuan detik. Secara teoretis; *serious game* tidak membatasi waktu yang digunakan pemain dalam menentukan solusi dari tantangan permainan. Aturan permainan yang dirancang membatasi waktu penyelesaian tantangan berimplikasi pada pembatasan unjuk kerja pemain karena munculnya paksaan menentukan solusi dalam ketergesa-gesaan dan cenderung beresiko (Loh dan Sheng; 2014). Semakin lama waktu yang dihabiskan, semakin akurat solusi yang ditunjukkan oleh pemain (Hawkins, Nesbitt, dan Brown; 2012). Meskipun Jensen (1980 dan 1982) mengungkapkan bahwa ada korelasi positif antara kemampuan intelektual siswa dengan kecepatan memproses informasi; namun dengan mendefinisikan pemahaman sebagai pengalaman individu siswa dalam pencapaian tujuan maka tidak relevan untuk membatasi waktu yang dihabiskan siswa dalam menemukan solusi dari tantangan permainan. Dalam kasus pemain adalah siswa yang suka menunda pekerjaan; aturan tidak membatasi waktu permainan potensi menjadi tidak efektif karena pemain tidak fokus dalam menemukan solusi dari tantangan permainan. Berdasarkan kedua fenomena ini maka waktu penyelesaian tantangan dibatasi sampai waktu yang cukup lama dan

tidak pernah muncul sebagai data empirik waktu yang dihabiskan oleh pemain. Batas waktu yang dimaksud adalah 600 detik. Analog dengan waktu penyelesaian tantangan; waktu akses menu Help juga disimpan dalam tipe data rasio. Satuan waktu pengukuran juga dalam detik. Waktu akses menu Help mencatat detik ketika pemain membutuhkan bantuan sebelum memutuskan untuk mengirim solusi tantangan yang dimunculkan dalam permainan. Pemain dimungkinkan melakukan lebih dari sekali akses menu Help.

Sistem mencatat data pengetahuan aktual pemain sebagai tipe data interval. Data ini mewakili baik/buruknya retensi pengetahuan yang diperoleh individu siswa sebagai hasil dari belajar. Retensi pengetahuan yang baik membangun dasar yang kuat untuk pemahaman pengetahuan berikutnya. Retensi pengetahuan yang baik dicirikan oleh minimnya dampak lingkungan belajar terhadap perubahan pemahaman individu siswa. Dalam operasionalnya; skor pengetahuan aktual diterjemahkan dari skor pemain dalam menyelesaikan sembilan tantangan permainan. Perolehan pengetahuan aktual yang baik dicirikan oleh minimnya fluktuasi skor. Skor di masing-masing tantangan minimal sama atau cenderung meningkat. Perolehan pengetahuan yang paling bagus ditunjukkan oleh nilai fluktuasi=0 dan sebaliknya yang paling kurang adalah fluktuasi=8. Tahapan penghitungan nilai fluktuasi ini ditunjukkan pada Algoritma penentuan pengetahuan AKn berikut.

Algoritma 5.1 Algoritma penentuan AKn

Input : Skor

Output : AKn

Proses :

$n \leftarrow 0$

For skor sembilan tantangan permainan

If solusi yang dikirim adalah salah **Then**

$n \leftarrow n + 1$

$AKn \leftarrow 9 - n$

Data prestasi belajar pemain/siswa direkam sebagai data interval. Data dikumpulkan menggunakan tes prestasi dengan lima item soal. Bentuk soal yang dipilih adalah soal pilihan ganda dengan empat pilihan. Skor untuk jawaban yang benar disesuaikan dengan bobot yang telah ditetapkan di masing-masing soal. Tes

prestasi belajar disertakan pada lampiran 5. Skor terendah dan tertinggi untuk data prestasi belajar berturut-turut adalah 0 dan 10.

5.2.2 Pengumpulan Data Permainan

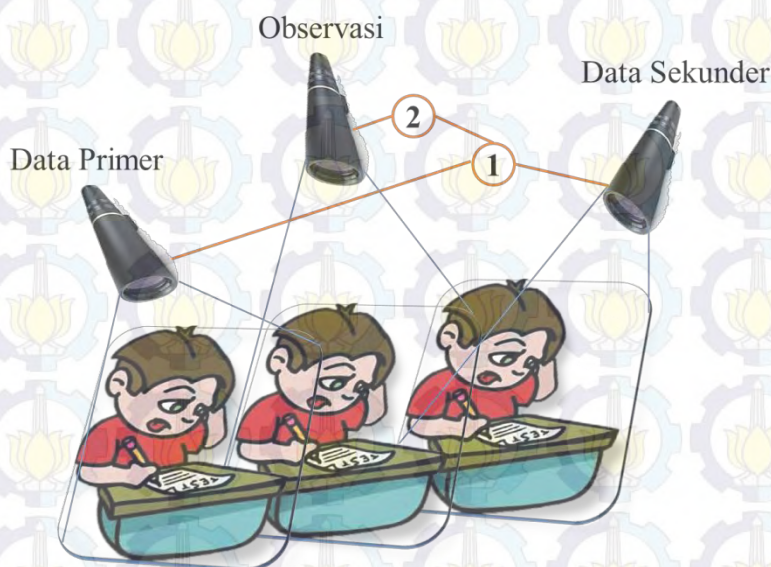
Data permainan dikumpulkan dari 85 orang siswa Sekolah Dasar kelas 5 yang dijadikan subjek penelitian. Mereka adalah para siswa dari SD Negeri 3 Banjar Jawa dan SD Laboratorium Undiksha Singaraja. Pengumpulan data dilakukan melalui pengoperasian 10 unit komputer yang tidak terhubung dalam jaringan (luar jaringan). Subjek memainkan permainan BoTySeGa secara bergantian yang diatur berdasarkan kelompok. Masing-masing kelompok beranggotakan 10 orang subjek penelitian. Prosedur mengelompokkan subjek per 10 orang dilakukan guna mengefektifkan kegiatan observasi dan supervisi selama permainan. Kegiatan observasi dan supervisi ini melibatkan dua peneliti yang siap mementor pemain ketika muncul masalah teknis di luar lingkup penelitian.

Pengumpulan data permainan dijadwalkan rampung dalam tiga hari kegiatan yang dimulai dari pukul 08.00 Wita dan maksimal berakhir sampai pukul 14.00 Wita. Durasi permainan dirancang selama 120 menit untuk masing-masing kelompok yang beranggotakan sepuluh orang. Alokasi waktu selama 120 menit diperuntukkan untuk melakukan kegiatan-kegiatan:

- (a) prolog yang menginformasikan gambaran umum kegiatan yang mesti dilakukan oleh siswa selaku pemain,
- (b) memainkan permainan BoTySeGa,
- (c) menjawab lima item soal yang dikemas dalam bentuk tes prestasi belajar, dan
- (d) menyampaikan umpan balik melalui isian kuesioner sebagai respon pemain terhadap permainan BoTySeGa secara menyeluruh.

Triangulasi pada data permainan mengikuti mekanisme kerja sebagai berikut. Langkah pertama adalah memeriksa skor yang dikumpulkan melalui tes prestasi belajar dengan lima item soal bentuk pilihan ganda. Pemeriksaan skor dilakukan dengan mencocokkan skor tes dengan catatan skor yang dimiliki oleh guru sebagai data sekunder. Dalam kasus adanya perbedaan antara skor tes dengan skor pada data sekunder, verifikasi dilakukan bersama guru yang dipercaya lebih memahami individu siswa. Pengambilan keputusan hasil

verifikasi dilakukan melalui teknik brainstorming. Guru diberikan kesempatan mendeskripsikan secara rinci karakter individu siswa yang skor tes nya berbeda dari skor di data sekunder. Paparan deskripsi terkait individu siswa ini selanjutnya diklarifikasi bersama untuk menemukan sumber munculnya perbedaan skor. Langkah triangulasi selanjutnya adalah memverifikasi kondisi bertolak belakang yang cukup ekstrim antara data permainan dengan prestasi belajar siswa. Verifikasi pada langkah yang kedua ini melibatkan komponen guru, siswa, dan peneliti. Verifikasi dimungkinkan sampai pada pengulangan permainan untuk meyakinkan data yang diperoleh adalah data sesungguhnya. Visualisasi triangulasi yang dilakukan ditunjukkan pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Visualisasi Triangulasi Data Permainan BoTySeGa

5.3 Pre-proses Data Permainan BoTySeGa

Langkah pre-proses yang dilakukan terhadap data permainan BoTySeGa meliputi: penentuan rentang waktu yang dihabiskan dalam penyelesaian tantangan untuk kasus pemain yang tidak mengirimkan solusi dari tantangan permainan, transformasi waktu akses menu Help dari data dalam bentuk waktu ke bentuk frekuensi, serta penentuan pengetahuan aktual pemain berdasarkan data skor.

Sebelum memulai permainan BoTySeGa, rentang waktu yang dihabiskan pemain untuk menyelesaikan tantangan permainan ditetapkan 0 detik. Setelah permainan berlangsung; rentang waktu ini diganti dengan rentang waktu sesung-

guhnya yang dicatat dari data permainan. Mekanisme pencatatan waktu ini menunjukkan kelemahan ketika pemain berstatus *Game Over* tidak pada level domain kognitif tertinggi (C3). Dalam kasus ini, sistem mencatat rentang waktu penyelesaian untuk sisa tantangan adalah 0 detik. Para pemain yang dilabel status *Game Over* sudah dipastikan tidak memiliki kesempatan lagi menerima tantangan dan otomatis tidak pernah mengirimkan jawaban untuk tantangan permainan. Keganjilan pada data permainan dengan label *Game Over* muncul dalam bentuk pemain yang tidak pernah menjawab tantangan dicatat menghabiskan waktu untuk menemukan solusi dalam 0 detik. Tentu data demikian tidak mewakili kondisi riil diri pemain. Dalam tahapan pre-proses ini, transformasi yang dilakukan adalah menetapkan rentang waktu 600 detik (rentang waktu yang cukup lama dan tidak pernah dicapai pada data empirik) untuk waktu penyelesaian tantangan dari data pemain dengan label *Game Over* di dua level pertama domain kognitif Bloom. Prosedur yang diikuti dalam tahapan pre-proses waktu penyelesaian tantangan ditunjukkan pada Algoritma pre-proses atribut_t.

Algoritma 5.2 Pre-proses ukuran waktu penyelesaian tantangan

Input : Ukuran waktu penyelesaian tantangan

Output : Ukuran waktu penyelesaian tantangan

Proses :

For keseluruhan data pemain

For sembilan waktu

If waktu penyelesaian = 0 **Then**

 waktu penyelesaian ← 600

endif

endfor

endfor

Permainan BoTySeGa merancang mekanisme kerja pencatatan waktu akses menu Help menyerupai pencatatan waktu penyelesaian tantangan. Sebelum permainan dimulai, pemain ditetapkan melakukan nol kali akses pada catatan 0 detik. Seiring dengan pelaksanaan permainan, waktu akses menu Help diisi dengan detik ketika pemain melakukan akses ke menu Help. Selama permainan; pemain diizinkan melakukan akses lebih dari sekali di masing-masing tantangan permainan. Fitur akses menu Help dirancang untuk memfasilitasi munculnya tahapan

scaffolding sehingga pemain belajar dalam zona nyaman. Pemain melakukan akses ke menu Help sebelum memutuskan solusi yang diberikan untuk sebuah tantangan. Implikasi dari rancangan fitur akses menu Help ini adalah akses oleh pemain paling lama dilakukan pada detik ke-600.

Rancangan sistem penyimpanan waktu akses menu Help seperti diuraikan di atas memperluas kemungkinan bentuk rekaman data pemain dan sekaligus berimplikasi pada peningkatan kompleksitas tahapan analisis. Dengan pertimbangan untuk mendapatkan gambaran secara berjenjang, pada tahapan penelitian ini dilakukan penyederhanaan bentuk data waktu akses ke menu Help. Penyederhanaan yang dilakukan adalah hanya melibatkan frekuensi akses ke menu Help dalam analisis tanpa melihat ukuran waktu ketika akses dilakukan. Pre-proses waktu akses dilakukan melalui tahapan: (1) memisahkan waktu akses dengan menambahkan simbol yang bukan merupakan unsur ukuran waktu di akhir masing-masing waktu akses, (2) menghitung frekuensi akses ke menu Help menggunakan Algoritma menghitung frekuensi akses menu Help berikut.

Algoritma 5.3 Algoritma Menghitung Frekuensi akses menu Help

Input : Ukuran waktu akses menu Help

Output : frekuensi akses menu Help

Proses :

For Keseluruhan data pemain

For sembilan data waktu akses menu Help

Kata ← data waktu akses menu Help
pemain ke-i, tantangan ke-j

If Len(kata) = 0 **Then**

pemain tidak pernah melakukan akses menu Help

Else

Strlen ← Len(kata)

Strings ← StringToArray(kata)

num = 0

For k = 1 **To** Strlen

If Strings(k) == Chr(38) **Then**

num = num + 1

Next

End If

Next j

Next i

Satu pre-proses lagi yang dilakukan terhadap data pemain BoTySeGa adalah menghitung pengetahuan aktual pemain dengan merujuk pada rekaman data skor. Prosedur yang dilakukan dalam penghitungan mengikuti tahapan Algoritma AKn yang diberikan pada subbab 5.2.1 di atas.

Contoh hasil dari tiga prosedur pre-proses untuk kasus data pemain yang berstatus *game over* pada tantangan keenam ditunjukkan pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Data pemain BoTySeGa sebelum versus sesudah prosedur pre-proses

Kasus untuk data pemain yang berstatus *game over* pada tantangan ke-6

| Atribut | Sebelum | Sesudah langkah pre-proses | | | Deskripsi |
|------------------|---------|----------------------------|-----------------|-----------------|--|
| | | Pertama | Kedua | Ketiga | |
| s ₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| s ₃ | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| s ₄ | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| s ₅ | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| s ₆ | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| s ₇ | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| s ₈ | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| s ₉ | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| t ₁ | 36 | 36 | 36 | 36 | |
| t ₂ | 30 | 30 | 30 | 30 | |
| t ₃ | 40 | 40 | 40 | 40 | |
| t ₄ | 45 | 45 | 45 | 45 | |
| t ₅ | 50 | 50 | 50 | 50 | Contoh kasus untuk data pemain yang mengalami <i>Game Over</i> pada tantangan keenam |
| t ₆ | 65 | 65 | 65 | 65 | |
| t ₇ | 0 | 600 ^{*)} | 600 | 600 | |
| t ₈ | 0 | 600 ^{*)} | 600 | 600 | |
| t ₉ | 0 | 600 ^{*)} | 600 | 600 | |
| A2H ₁ | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| A2H ₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| A2H ₃ | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| A2H ₄ | 40 | 40 | 1 ^{*)} | 1 | |
| A2H ₅ | 30,45 | 30,45 | 2 ^{*)} | 2 | |
| A2H ₆ | 50 | 50 | 1 ^{*)} | 1 | |
| A2H ₇ | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| A2H ₈ | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| A2H ₉ | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| AKn | | | | 3 ^{*)} | |
| Ach | 3 | 3 | 3 | 3 | |

Langkah pre-proses yang dikenakan untuk data prestasi belajar pemain adalah memberikan label kelas untuk perolehan capaian prestasi belajar mereka. Penentuan label kelas didasarkan pada nilai rata-rata ideal (mi) dan standar deviasi ideal (sdi) skor prestasi belajar pemain mengikuti tahapan sebagai berikut.

a. Hitung nilai rata-rata ideal (mi) = $\frac{1}{2} \times (li + hi)$.

b. Hitung nilai standar deviasi ideal (sdi) = $1/6 (hi - li)$

li merupakan skor terendah dalam rentang skor prestasi belajar sedangkan hi merupakan skor tertinggi. Buat label prestasi belajar pemain berdasarkan pedoman kategori berikut:

$mi + 1,5 \times sdi \leq \text{skor prestasi belajar}$: Baik

$mi - 1,5 \times sdi \leq \text{skor prestasi belajar} < mi + 1,5 \times sdi$: Cukup

$\text{skor prestasi belajar} < mi - 1,5 \times sdi$: Kurang

5.4 Klasifikasi Profil Permainan *Serious Game* Berbasis

Taksonomi Bloom

Klasifikasi yang dilakukan untuk profil pemain BoTySeGa adalah pengklasifikasian profil pemain menjadi tiga kelas yakni: Kurang, Cukup, dan Baik. Klasifikasi dilakukan dengan mengaplikasikan tiga metode yaitu: Bayes Net (BN), Naïve Bayes (NB), dan J48. Masing-masing metode dikerjakan melalui dua opsi tes yakni: *cross-validation* dan *percentage split*. Untuk opsi tes *cross-validation*, nilai k yang dipilih pada k -fold adalah: 10, 15, 20, 25, dan 30. Sedangkan untuk opsi *percentage split*, pilihan nilai persentase nya adalah: 70%, 75%, 80%, 85%, dan 90%. Persentase tepat melakukan klasifikasi (*correctly classified* KK) untuk tiga metode, dua opsi tes, dan lima nilai k -fold atau nilai persentase ditunjukkan pada Tabel 5.2 sampai Tabel 5.7 berikut. Penerapan metode klasifikasi untuk masing-masing perlakuan diulang sebanyak sepuluh kali melibatkan data pengujian yang dipilih acak dari data permainan. Rangkuman dari keseluruhan hasil klasifikasi dilihat dari nilai KK, nilai Kappa (κ), dan *mean absolute error* (MAE) ditunjukkan pada Tabel 5.8.

Tabel 5.2 Persentase KK Metode BN untuk opsi tes *cross-validation*

| <i>k</i> -fold | ITERASI KE- | | | | | | | | | | Rata-rata |
|----------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 10 KK | 70,0% | 80,0% | 70,0% | 60,0% | 80,0% | 90,0% | 50,0% | 70,0% | 50,0% | 80,0% | 70,0% |
| Kappa | 0,40 | 0,67 | 0,52 | 0,29 | 0,68 | 0,83 | 0,09 | 0,52 | 0,22 | 0,69 | 0,49 |
| MAE | 0,22 | 0,09 | 0,19 | 0,23 | 0,18 | 0,09 | 0,28 | 0,16 | 0,28 | 0,19 | 0,19 |
| 15 KK | 80% | 73,3% | 80% | 80,0% | 60,0% | 60,0% | 73,3% | 73,3% | 100% | 73,3% | 75,3% |
| Kappa | 0,62 | 0,55 | 0,63 | 0,65 | 0,39 | 0,34 | 0,52 | 0,58 | 1,00 | 0,58 | 0,59 |
| MAE | 0,15 | 0,20 | 0,17 | 0,17 | 0,22 | 0,22 | 0,16 | 0,17 | 0,03 | 0,18 | 0,17 |
| 20 KK | 85,0% | 85,0% | 60,0% | 75,0% | 80,0% | 60,0% | 70,0% | 65,0% | 70,0% | 75,0% | 72,5% |
| Kappa | 0,77 | 0,75 | 0,39 | 0,62 | 0,63 | 0,29 | 0,53 | 0,46 | 0,48 | 0,59 | 0,55 |
| MAE | 0,10 | 0,11 | 0,25 | 0,16 | 0,18 | 0,25 | 0,20 | 0,21 | 0,19 | 0,20 | 0,19 |
| 25 KK | 80,0% | 68,0% | 92,0% | 64,0% | 76,0% | 64,0% | 68,0% | 60,0% | 84,0% | 80,0% | 73,6% |
| Kappa | 0,68 | 0,42 | 0,87 | 0,40 | 0,60 | 0,40 | 0,51 | 0,40 | 0,71 | 0,64 | 0,56 |
| MAE | 0,12 | 0,20 | 0,09 | 0,24 | 0,17 | 0,21 | 0,22 | 0,22 | 0,14 | 0,19 | 0,18 |
| 30 KK | 83,3% | 83,3% | 66,7% | 66,7% | 70,0% | 83,3% | 76,7% | 70,0% | 80,0% | 80,0% | 76,0% |
| Kappa | 0,71 | 0,73 | 0,43 | 0,47 | 0,54 | 0,74 | 0,60 | 0,55 | 0,68 | 0,67 | 0,61 |
| MAE | 0,12 | 0,09 | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,12 | 0,17 | 0,17 | 0,12 | 0,16 | 0,15 |

Tabel 5.3 Persentase KK Metode NB untuk opsi tes *cross-validation*

| <i>k</i> -fold | ITERASI KE- | | | | | | | | | | Rata-rata |
|----------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 10 KK | 60,0% | 80,0% | 90,0% | 60,0% | 80,0% | 90,0% | 50,0% | 70,0% | 50,0% | 70,0% | 70,0% |
| Kappa | 0,27 | 0,67 | 0,82 | 0,29 | 0,68 | 0,83 | 0,10 | 0,52 | 0,22 | 0,53 | 0,49 |
| MAE | 0,25 | 0,10 | 0,07 | 0,24 | 0,13 | 0,07 | 0,28 | 0,17 | 0,30 | 0,20 | 0,18 |
| 15 KK | 80,0% | 80,0% | 80,0% | 86,7% | 60,0% | 60,0% | 66,7% | 66,7 | 100% | 73,3% | 75,3% |
| Kappa | 0,62 | 0,64 | 0,63 | 0,75 | 0,40 | 0,34 | 0,38 | 0,48 | 1,00 | 0,58 | 0,58 |
| MAE | 0,11 | 0,13 | 0,13 | 0,09 | 0,25 | 0,26 | 0,20 | 0,21 | 0,00 | 0,17 | 0,16 |
| 20 KK | 75,0% | 75,0% | 55,5% | 70,0% | 70,0% | 60,0% | 65,0% | 75,0% | 65,0% | 75,0% | 68,6% |
| Kappa | 0,63 | 0,61 | 0,30 | 0,54 | 0,49 | 0,29 | 0,45 | 0,59 | 0,44 | 0,59 | 0,49 |
| MAE | 0,15 | 0,15 | 0,28 | 0,17 | 0,19 | 0,27 | 0,22 | 0,14 | 0,22 | 0,17 | 0,20 |
| 25 KK | 80,0% | 64,0% | 92,0% | 60,0% | 72,0% | 72,0% | 68,0% | 56,0% | 72,0% | 68,0% | 70,4% |
| Kappa | 0,68 | 0,37 | 0,87 | 0,36 | 0,55 | 0,51 | 0,50 | 0,36 | 0,50 | 0,44 | 0,51 |
| MAE | 0,11 | 0,22 | 0,04 | 0,26 | 0,18 | 0,15 | 0,21 | 0,26 | 0,17 | 0,21 | 0,18 |
| 30 KK | 80,0% | 80,0% | 66,7% | 70,0% | 66,7% | 80,0% | 73,3% | 73,3% | 83,3% | 73,3% | 74,7% |
| Kappa | 0,66 | 0,69 | 0,43 | 0,51 | 0,50 | 0,69 | 0,55 | 0,58 | 0,73 | 0,57 | 0,59 |
| MAE | 0,12 | 0,12 | 0,20 | 0,18 | 0,20 | 0,13 | 0,18 | 0,16 | 0,11 | 0,18 | 0,16 |

Tabel 5.4 Persentase KK Metode J48 untuk opsi tes *cross-validation*

| <i>k</i> -fold | ITERASI KE- | | | | | | | | | | Rata-rata |
|----------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 10 KK | 60,0% | 100% | 80,0% | 90,0% | 80,0% | 100% | 80,0% | 90,0% | 80,0% | 60,0% | 82,0% |
| Kappa | 0,20 | 1,00 | 0,66 | 0,78 | 0,63 | 1,00 | 0,41 | 0,82 | 0,57 | 0,36 | 0,64 |
| MAE | 0,29 | 0,11 | 0,18 | 0,16 | 0,20 | 0,11 | 0,19 | 0,15 | 0,18 | 0,29 | 0,19 |
| 15 KK | 93,3% | 66,7% | 66,7% | 86,7% | 80,0% | 80,0% | 86,7% | 86,7% | 93,3% | 86,7% | 82,7% |
| Kappa | 0,82 | 0,40 | 0,41 | 0,72 | 0,64 | 0,64 | 0,70 | 0,78 | 0,89 | 0,77 | 0,68 |
| MAE | 0,15 | 0,25 | 0,26 | 0,16 | 0,19 | 0,20 | 0,17 | 0,15 | 0,12 | 0,16 | 0,18 |
| 20 KK | 95,0% | 100% | 85,0% | 80,0% | 85,0% | 85,0% | 70,0% | 90,0% | 85,0% | 75,0% | 85,0% |
| Kappa | 0,92 | 1,00 | 0,73 | 0,67 | 0,67 | 0,70 | 0,50 | 0,81 | 0,72 | 0,53 | 0,73 |
| MAE | 0,12 | 0,10 | 0,15 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,24 | 0,13 | 0,17 | 0,22 | 0,17 |
| 25 KK | 88,0% | 84,0% | 92,0% | 76,0% | 80,0% | 84,0% | 84,0% | 92,0% | 80,0% | 84,0% | 84,4% |
| Kappa | 0,80 | 0,68 | 0,86 | 0,57 | 0,65 | 0,70 | 0,73 | 0,82 | 0,64 | 0,68 | 0,71 |
| MAE | 0,15 | 0,18 | 0,15 | 0,20 | 0,19 | 0,17 | 0,17 | 0,13 | 0,20 | 0,19 | 0,17 |
| 30 KK | 86,7% | 96,7% | 90,0% | 93,3% | 90,0% | 90,0% | 86,7% | 83,3% | 93,3% | 73,3% | 88,3% |
| Kappa | 0,75 | 0,95 | 0,80 | 0,87 | 0,81 | 0,83 | 0,73 | 0,71 | 0,88 | 0,53 | 0,79 |
| MAE | 0,17 | 0,11 | 0,15 | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 0,18 | 0,17 | 0,13 | 0,23 | 0,23 |

Tabel 5.5 Persentase KK Metode BN untuk opsi tes *percentage split*

| Persen | ITERASI KE- | | | | | | | | | | Rata-rata |
|--------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 70 KK | 68,0% | 72,0% | 76,0% | 80,0% | 76,0% | 64,0% | 68,0% | 84,0% | 64,0% | 72,0% | 72,4% |
| Kappa | 0,53 | 0,55 | 0,63 | 0,67 | 0,61 | 0,34 | 0,49 | 0,74 | 0,41 | 0,53 | 0,55 |
| MAE | 0,20 | 0,19 | 0,14 | 0,12 | 0,16 | 0,23 | 0,19 | 0,12 | 0,23 | 0,18 | 0,18 |
| 75 KK | 70,0% | 75,0% | 75,0% | 75,0% | 75,0% | 80,0% | 65,0% | 70,0% | 80,0% | 70,0% | 73,5% |
| Kappa | 0,51 | 0,63 | 0,60 | 0,61 | 0,57 | 0,67 | 0,47 | 0,56 | 0,67 | 0,46 | 0,58 |
| MAE | 0,22 | 0,17 | 0,20 | 0,16 | 0,19 | 0,13 | 0,24 | 0,21 | 0,16 | 0,19 | 0,19 |
| 80 KK | 82,4% | 76,5 | 76,5 | 70,6% | 88,2% | 76,5% | 52,9% | 70,6% | 64,7% | 70,6% | 72,9% |
| Kappa | 0,72 | 0,58 | 0,58 | 0,45 | 0,79 | 0,60 | 0,25 | 0,53 | 0,32 | 0,53 | 0,54 |
| MAE | 0,11 | 0,21 | 0,18 | 0,20 | 0,10 | 0,17 | 0,27 | 0,18 | 0,24 | 0,20 | 0,19 |
| 85 KK | 69,2% | 69,2% | 69,2% | 100% | 76,9% | 61,5% | 69,2% | 76,9% | 84,6% | 76,9% | 75,4% |
| Kappa | 0,50 | 0,51 | 0,43 | 1,00 | 0,61 | 0,38 | 0,40 | 0,49 | 0,69 | 0,59 | 0,56 |
| MAE | 0,18 | 0,18 | 0,25 | 0,05 | 0,14 | 0,24 | 0,17 | 0,18 | 0,09 | 0,17 | 0,17 |
| 90 KK | 75,0% | 75,0% | 87,5% | 62,5% | 87,5% | 75,0% | 62,5% | 75,0% | 87,5% | 62,5% | 75,0% |
| Kappa | 0,63 | 0,62 | 0,80 | 0,43 | 0,78 | 0,58 | 0,33 | 0,56 | 0,80 | 0,41 | 0,59 |
| MAE | 0,15 | 0,17 | 0,06 | 0,19 | 0,15 | 0,15 | 0,21 | 0,14 | 0,11 | 0,21 | 0,15 |

Tabel 5.6 Persentase KK Metode NB untuk opsi tes *percentage split*

| Persen | ITERASI KE- | | | | | | | | | | Rata-rata |
|--------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 70 KK | 68,0% | 72,0% | 80,0% | 68,0% | 76,0% | 56,0% | 64,0% | 88,0% | 64,0% | 68,0% | 70,4% |
| Kappa | 0,53 | 0,56 | 0,68 | 0,50 | 0,61 | 0,25 | 0,44 | 0,80 | 0,42 | 0,47 | 0,53 |
| MAE | 0,20 | 0,17 | 0,11 | 0,20 | 0,16 | 0,28 | 0,22 | 0,07 | 0,23 | 0,21 | 0,19 |
| 75 KK | 60,0% | 70,0% | 70,0% | 80,0% | 75,0% | 75,0% | 70,0% | 75,0% | 70,0% | 65,0% | 71,0% |
| Kappa | 0,39 | 0,57 | 0,54 | 0,68 | 0,55 | 0,59 | 0,53 | 0,62 | 0,52 | 0,40 | 0,54 |
| MAE | 0,26 | 0,19 | 0,19 | 0,12 | 0,17 | 0,15 | 0,19 | 0,17 | 0,19 | 0,24 | 0,19 |
| 80 KK | 88,2% | 64,7% | 70,6% | 70,6% | 88,2% | 70,6% | 58,8% | 76,5% | 52,9% | 70,6% | 71,2% |
| Kappa | 0,80 | 0,40 | 0,49 | 0,45 | 0,79 | 0,52 | 0,32 | 0,62 | 0,22 | 0,53 | 0,51 |
| MAE | 0,08 | 0,23 | 0,20 | 0,18 | 0,08 | 0,18 | 0,23 | 0,16 | 0,31 | 0,18 | 0,18 |
| 85 KK | 76,9% | 69,2% | 76,9% | 84,6% | 69,2% | 53,8% | 61,5% | 61,5% | 92,3% | 84,6% | 73,1% |
| Kappa | 0,62 | 0,51 | 0,56 | 0,75 | 0,51 | 0,29 | 0,32 | 0,24 | 0,83 | 0,71 | 0,53 |
| MAE | 0,14 | 0,18 | 0,15 | 0,11 | 0,18 | 0,30 | 0,21 | 0,23 | 0,05 | 0,08 | 0,16 |
| 90 KK | 75,0% | 75,0% | 87,5% | 62,5% | 87,5% | 75,0% | 62,5% | 75,0% | 75,0% | 62,5% | 73,8% |
| Kappa | 0,63 | 0,62 | 0,80 | 0,43 | 0,78 | 0,58 | 0,33 | 0,56 | 0,63 | 0,41 | 0,58 |
| MAE | 0,17 | 0,17 | 0,09 | 0,21 | 0,09 | 0,17 | 0,21 | 0,12 | 0,13 | 0,24 | 0,16 |

Tabel 5.7 Persentase KK Metode J48 untuk opsi tes *percentage split*

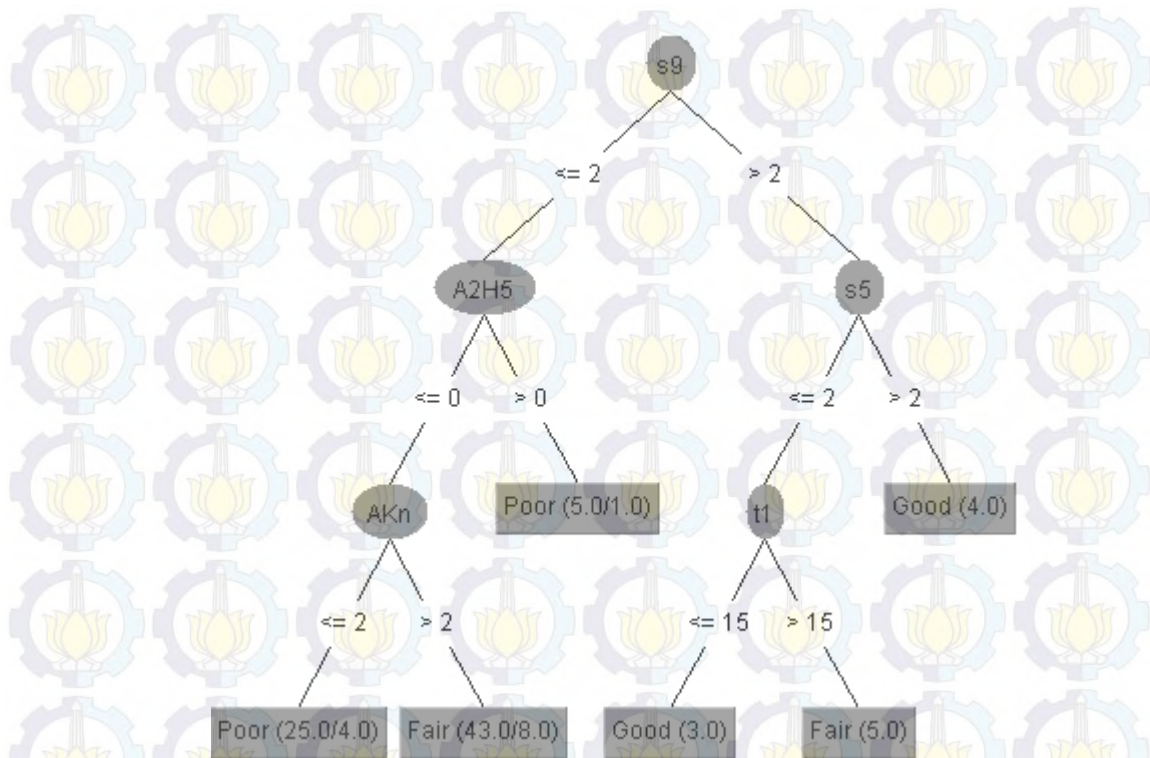
| Persen | ITERASI KE- | | | | | | | | | | Rata-rata |
|--------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 70 KK | 84,0% | 88,0% | 88,0% | 92,0% | 80,0% | 88,0% | 76,0% | 88,0% | 80,0% | 80,0% | 84,4% |
| Kappa | 0,75 | 0,80 | 0,78 | 0,85 | 0,63 | 0,75 | 0,50 | 0,76 | 0,60 | 0,67 | 0,71 |
| MAE | 0,16 | 0,15 | 0,15 | 0,14 | 0,20 | 0,16 | 0,22 | 0,16 | 0,18 | 0,18 | 0,17 |
| 75 KK | 75,0% | 90,0% | 90,0% | 90,0% | 85,0% | 85,0% | 75,0% | 95,0% | 90,0% | 80,0% | 85,5% |
| Kappa | 0,52 | 0,83 | 0,81 | 0,81 | 0,72 | 0,74 | 0,58 | 0,91 | 0,78 | 0,63 | 0,73 |
| MAE | 0,22 | 0,14 | 0,13 | 0,16 | 0,18 | 0,17 | 0,21 | 0,10 | 0,14 | 0,20 | 0,17 |
| 80 KK | 88,24% | 64,7% | 82,4% | 82,4% | 88,2% | 82,4% | 82,4% | 88,2% | 94,1% | 88,2% | 84,1% |
| Kappa | 0,80 | 0,37 | 0,63 | 0,65 | 0,78 | 0,71 | 0,67 | 0,79 | 0,86 | 0,74 | 0,70 |
| MAE | 0,16 | 0,26 | 0,19 | 0,19 | 0,15 | 0,18 | 0,18 | 0,15 | 0,13 | 0,14 | 0,17 |
| 85 KK | 84,6% | 100% | 84,6% | 84,6% | 84,6% | 92,3% | 100% | 69,2% | 92,3% | 92,3% | 88,5% |
| Kappa | 0,75 | 1,00 | 0,68 | 0,72 | 0,71 | 0,85 | 1,00 | 0,40 | 0,83 | 0,86 | 0,78 |
| MAE | 0,16 | 0,10 | 0,17 | 0,17 | 0,18 | 0,15 | 0,10 | 0,25 | 0,15 | 0,14 | 0,16 |
| 90 KK | 87,5% | 75,0% | 100% | 100% | 62,5% | 75,0% | 87,5% | 100% | 87,5% | 100% | 87,5% |
| Kappa | 0,81 | 0,62 | 1,00 | 1,00 | 0,38 | 0,58 | 0,75 | 1,00 | 0,77 | 1,00 | 0,79 |
| MAE | 0,14 | 0,20 | 0,11 | 0,09 | 0,27 | 0,21 | 0,15 | 0,12 | 0,17 | 0,08 | 0,15 |

Tabel 5.8 Resume KK data permainan BoTySeGa menggunakan metode BN, NB, dan J48

| | | BN | | | NB | | | J48 | | |
|------------|----|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|
| | | KK | Kappa | MAE | KK | Kappa | MAE | KK | Kappa | MAE |
| Fold | 10 | 70,0% | 0,49 | 0,19 | 70,0% | 0,49 | 0,18 | 82,0% | 0,64 | 0,19 |
| | 15 | 75,3% | 0,59 | 0,17 | 75,3% | 0,58 | 0,16 | 82,7% | 0,68 | 0,18 |
| | 20 | 72,5% | 0,55 | 0,19 | 68,6% | 0,49 | 0,20 | 85,0% | 0,73 | 0,17 |
| | 25 | 73,6% | 0,56 | 0,18 | 70,4% | 0,51 | 0,18 | 84,4% | 0,71 | 0,17 |
| | 30 | 76,0% | 0,61 | 0,15 | 74,7% | 0,59 | 0,16 | 88,3% | 0,79 | 0,23 |
| Persen (%) | 70 | 72,4% | 0,55 | 0,18 | 70,4% | 0,53 | 0,19 | 84,4% | 0,71 | 0,17 |
| | 75 | 73,5% | 0,58 | 0,19 | 71,0% | 0,54 | 0,19 | 85,5% | 0,73 | 0,17 |
| | 80 | 72,9% | 0,54 | 0,19 | 71,2% | 0,51 | 0,18 | 84,1% | 0,70 | 0,17 |
| | 85 | 75,4% | 0,56 | 0,17 | 73,1% | 0,53 | 0,16 | 88,5% | 0,78 | 0,16 |
| | 90 | 75,0% | 0,59 | 0,15 | 73,8% | 0,58 | 0,16 | 87,5% | 0,79 | 0,15 |

Hasil di Tabel 5.8 memperlihatkan bahwa rata-rata persentase tertinggi kebenaran klasifikasi dihasilkan dari klasifikasi menggunakan metode J48 dengan opsi tes *percentage split* dengan menetapkan 85% dari 85 data permainan BoTySeGa sebagai data pelatihan. Rata-rata persentase tertinggi kedua dihasilkan melalui penggunaan metode J48 dengan opsi tes *cross-validation* dengan melibatkan 55 data permainan sebagai data pelatihan dan 30 sisa data digunakan sebagai data pengujian. Persentase KK tertinggi yang mencapai 100% dihasilkan pada pengulangan ke dua dan ke tujuh dari perlakuan klasifikasi dengan metode J48 dengan opsi tes *percentage split*. Visualisasi pohon keputusan yang dibangun pada perlakuan yang menghasilkan rata-rata persentase KK tertinggi dan tertinggi kedua ditunjukkan berturut-turut pada Gambar 5.2 dan Gambar 5.3.

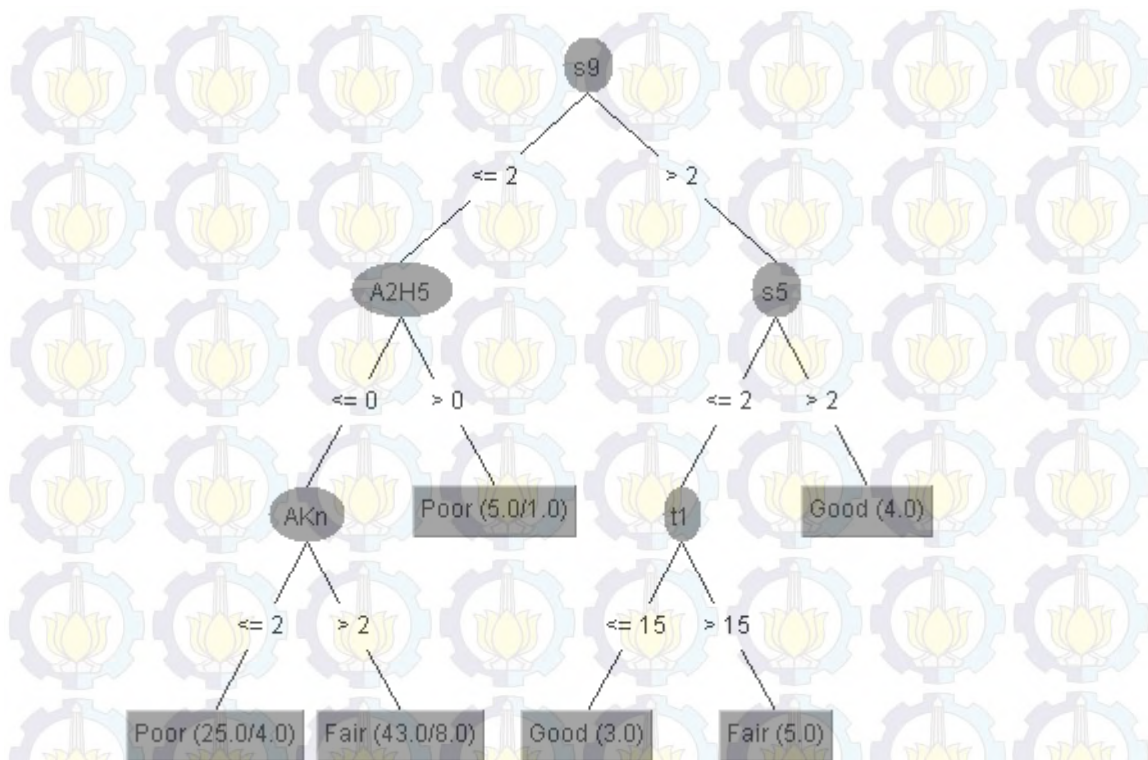
Pohon keputusan yang dibangun dari penerapan metode J48 di kedua perlakuan yang menghasilkan persentase KK tertinggi dan tertinggi ke dua adalah sama. Label kelas Kurang (*Poor*) diberikan ke data permainan yang memenuhi salah satu dari kedua kondisi: (i) skor pemain di tantangan ke sembilan kurang dari 2 dan pemain melakukan akses ke menu Help pada tantangan ke lima atau (ii) skor pemain di tantangan ke sembilan kurang dari 2, pemain tidak melakukan akses ke menu Help pada tantangan ke lima dan pengetahuan aktual pemain terdeteksi kurang dari atau sama dengan 2. Label kelas Cukup (*Fair*) diberikan ke data permainan dengan skor di tantangan ke sembilan kurang dari 2, tidak mela-



Gambar 5.2 Pohon keputusan metode J48 dengan opsi tes *percentage split* untuk memperoleh kebenaran klasifikasi tertinggi

kukan akses ke menu Help di tantangan ke lima, dan pengetahuan aktual pemain lebih dari 2. Label kelas Cukup juga diberikan ke data permainan dengan skor di tantangan ke sembilan kurang dari atau sama dengan 2, skor pada tantangan ke lima kurang dari sama dengan 2, dan waktu yang digunakan untuk menemukan solusi pada tantangan pertama lebih dari 15 detik. atau ketika pengetahuan aktual pemain lebih dari 2 atau ketika pemain berhasil menjawab tantangan dengan level kesukaran rendah pada tantangan ke lima dan waktu yang digunakan untuk menemukan solusi pada tantangan pertama lebih dari 15 detik. Label kelas Baik (*Good*) diberikan ke data permainan dengan: (i) skor pada tantangan ke sembilan lebih dari 2 dan skor di tangan ke sembilan juga lebih dari 2 atau (ii) skor pada tantangan ke sembilan lebih dari 2, skor pada tantangan kurang dari atau sama dengan 2, dan waktu yang digunakan untuk menemukan solusi pada tantangan pertama kurang dari atau sama dengan 15 detik.

Dari pohon keputusan tersebut dapat disimpulkan bahwa label kelas Kurang diberikan ke pemain yang kemungkinan sudah gagal pada domain kog-



Gambar 5.3 Pohon keputusan metode J48 dengan opsi tes *cross-validation* untuk

memperoleh kebenaran klasifikasi tertinggi kedua nitif C2 atau pemain maksimal mengerjakan tantangan dengan level kesukaran menengah di tantangan ke sembilan walaupun sudah bekerja dengan bantuan. Label yang sama juga diberikan ke pemain yang kemungkinan sudah gagal pada domain kognitif C2 atau pemain maksimal mengerjakan tantangan dengan level kesukaran menengah di tantangan ke sembilan tanpa memanfaatkan bantuan di tantangan ke lima dan pengetahuan aktual pemain belum meyakinkan sebagai dasar untuk pengetahuan berikutnya.

Label kelas Cukup diberikan ke data pemain yang kemungkinan sudah gagal pada domain kognitif C2 atau pemain maksimal mengerjakan tantangan dengan level kesukaran menengah di tantangan ke sembilan tanpa memanfaatkan bantuan di tantangan ke lima dan pengetahuan aktual pemain cukup meyakinkan sebagai dasar untuk pengetahuan berikutnya. Label kelas Cukup juga diberikan ke data pemain yang mampu mengerjakan tantangan dengan level kesukaran tinggi di tantangan ke sembilan, maksimum mengerjakan tantangan dengan level kesukaran menengah di tantangan ke lima, dan menggunakan waktu lebih dari 15 detik untuk menemukan solusi di tantangan pertama.

Label kelas Baik diberikan ke data pemain yang mampu menyelesaikan tantangan dengan level kesukaran tinggi pada tantangan ke lima dan sembilan.

Label kelas Baik juga diberikan ke data pemain yang mampu menyelesaikan tantangan dengan level kesukaran tinggi pada tantangan ke sembilan, maksimum mengerjakan tantangan dengan level kesukaran menengah pada tantangan ke lima, waktu yang digunakan untuk menemukan solusi pada tantangan pertama maksimum 15 detik.

Penjelasan terkait mengapa tantangan pertama dan ke lima yang digunakan menjadi tolok ukur dalam membangun pohon keputusan belum dapat dijelaskan dalam penelitian ini. Dibutuhkan ada penelitian lanjutan terkait diagnosa kesulitan belajar pemain dalam menyelesaikan soal yang dimunculkan sebagai tantangan ke lima dalam permainan BoTySeGa.

Landis dan Koch (1977) menyusun pengkategorian *agreement* hasil klasifikasi berdasarkan nilai Kappa (κ) sebagai berikut.

Nilai Kappa (κ)

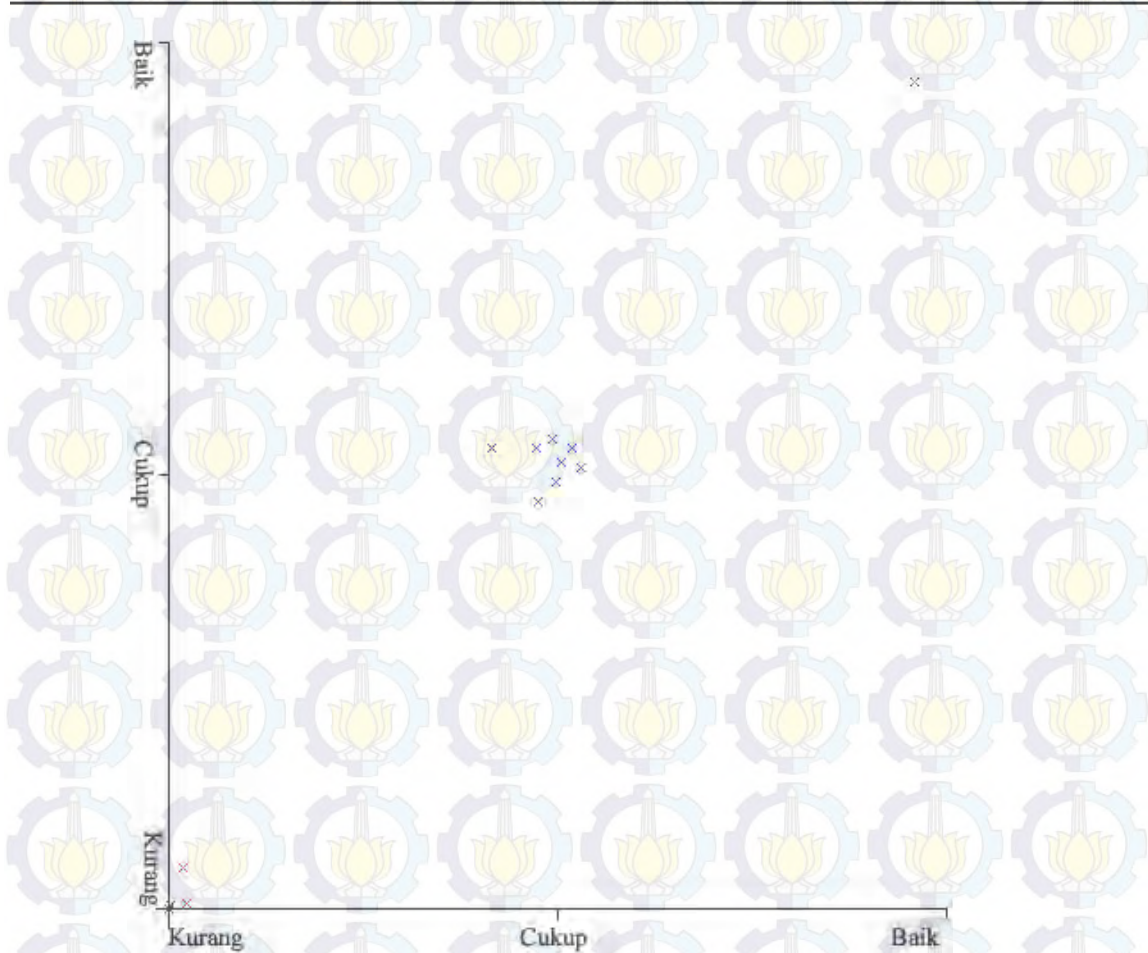
| | |
|-----------|---------------|
| <0.20 | : Kurang |
| 0.21-0.40 | : Cukup |
| 0.41-0.60 | : Sedang |
| 0.61-0.80 | : Baik |
| 0.81-1.00 | : Sangat baik |

Berdasarkan level kategori *agreement* tersebut, level kategori *agreement* hasil klasifikasi data permainan BoTySeGa tergolong dalam kategori Baik.

Hasil klasifikasi 15% data pengujian dengan metode J48 ditunjukkan pada Tabel 5.3 dan grafik hasil klasifikasi ditunjukkan pada Gambar 5.4.

Tabel 5.9 Hasil klasifikasi 15% data pengujian dengan metode J48 pada permainan BoTySeGa.

| s1 | s2 | s3 | s4 | s5 | s6 | s7 | s8 | s9 | t1 | t2 | t3 | t4 | t5 | t6 | t7 | t8 | t9 | A2H | | | | | | | | | AKn | Pred. | ACh | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|-------|------|------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 28 | 39 | 108 | 143 | 11 | 14 | 65 | 100 | 125 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 4 | Fair | Fair |
| 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 41 | 8 | 101 | 10 | 22 | 160 | 271 | 600 | 600 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | Fair | Fair |
| 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 6 | 11 | 17 | 15 | 11 | 4 | 51 | 600 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | Fair | Fair |
| 2 | 3 | 3 | 0 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 5 | 11 | 13 | 7 | 104 | 42 | 33 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | Good | Good |
| 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 110 | 114 | 60 | 10 | 98 | 600 | 600 | 600 | 600 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | Poor | Poor |
| 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 118 | 29 | 11 | 105 | 83 | 600 | 600 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | Poor | Poor |
| 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 27 | 5 | 40 | 105 | 600 | 600 | 600 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | Poor | Poor |
| 2 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 119 | 9 | 24 | 165 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | Fair | Fair |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 114 | 44 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | Poor | Poor |
| 2 | 3 | 3 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 42 | 8 | 34 | 91 | 139 | 82 | 162 | 142 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | Fair | Fair |
| 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 18 | 38 | 25 | 33 | 9 | 15 | 62 | 230 | 98 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 | Fair | Fair | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 2 | 11 | 19 | 35 | 20 | 25 | 65 | 97 | 100 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 7 | Fair | Fair | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 58 | 93 | 77 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | Fair | Fair |



Gambar 5.4 Grafik hasil klasifikasi 15% data testing dengan metode J48 pada permainan BoTySeGa.

BAB VI PENUTUP

Di Bab penutup ini disusun kesimpulan dari hasil penelitian yang sudah dikerjakan dilanjutkan dengan uraian rencana perbaikan ke depan.

6.1 Kesimpulan

Penilaian berperan penting dalam pembelajaran karena mempengaruhi pendekatan yang dilakukan dalam mencapai tujuan dan hasil yang diperoleh. Dari sisi waktu; penilaian sebaiknya dilakukan berkelanjutan sehingga memungkinkan melakukan koreksi dini dan pencapaian tujuan tidak menyimpang dari tujuan pembelajaran yang semestinya. Selebihnya; penilaian yang baik adalah penilaian yang melibatkan sebanyak mungkin atribut yang dikaitkan dengan objek penilaian sehingga unsur subjektif dalam penilaian dapat dikurangi.

Dalam penelitian ini sudah berhasil dikembangkan sebuah pendekatan penilaian pembelajaran matematika yang rancangannya mengikuti kerangka teknis pengembangan *serious game* berbasis taksonomi Bloom yang konstruktivis, direspon positif oleh pemain, serta merekam lebih banyak atribut data.

Alternatif penilaian pembelajaran matematika yang dikembangkan berbasis teknologi permainan (*game*), melibat komponen pengetahuan geometri bangun datar jajar genjang untuk siswa SD kelas 5, serta komponen pedagogi yaitu taksonomi pembelajaran dari Bloom. Alternatif penilaian ini dinamai BoTySeGa yang merupakan kependekan dari frase *Bloom taxonomy-based serious game*.

Genre dari BoTySeGa adalah petualangan yakni petualangan karakter "Grantang" dalam menyelamatkan "Putri Galuh" dari raksasa "Menaru". Desain panggung yang dilibatkan di permainan BoTySeGa ada tiga. Jumlah desain panggung ini mewakili jumlah domain kognitif Bloom yang diaplikasikan di jenjang SD. Bentuk tantangan permainan BoTyseGa adalah soal-soal pilihan ganda untuk materi jajar genjang siswa SD kelas 5. Untuk mengantisipasi kelemahan bentuk soal pilihan ganda pada tantangan permainan maka jumlah soal yang dimunculkan dalam satu domain ada tiga dan dipilih random dari sub tan-

tangan yang sesuai dengan ketentuan level kesukaran dan domain kognitif tantangan yang dimunculkan. Level kesukaran tantangan yang dimunculkan didasarkan pada pengalaman pemain di tantangan sebelumnya. BoTySeGa merekam secara otomatis data permainan dalam periode waktu yang sama dengan periode waktu bermain. Data permainan yang direkam meliputi tiga atribut yakni: skor, ukuran waktu penyelesaian tantangan, dan ukuran waktu akses ke menu Help.

Hasil pengujian penerimaan pengguna menunjukkan BoTySeGa sudah memenuhi spesifikasi kebutuhan yang disusun dalam rancangan permainan. Tanggapan pengguna yang dikumpulkan menggunakan kuesioner skala Likert dengan lima opsi menunjukkan bahwa pengguna menanggapi positif penggunaan BoTySeGa dalam penilaian pembelajaran matematika.

Klasifikasi data permainan melibatkan tiga metode (BN, NB, dan J48) pada dua opsi pengujian (*cross-validation* dan *percentage split*) menunjukkan bahwa persentase kebenaran klasifikasi tertinggi diberikan oleh metode J48 yang digabungkan dengan opsi pengujian *percentage split* = 85% yakni sebesar 88,5 %. Level *agreement* pada metode dan opsi klasifikasi ini adalah Baik dengan nilai Kappa 0,78. Nilai Kappa = 0,78 menunjukkan 78% peluang terjadinya kesamaan hasil klasifikasi melalui penerapan metode J48 dengan opsi tes *percentage split* 85% yang dilakukan oleh penilai yang berbeda.

Hasil-hasil ini memberikan gambaran bahwa BoTySeGa yang dikembangkan sudah memenuhi kebutuhan spesifikasi penilaian. Pengguna juga merespon positif penggunaan BoTySeGa dalam penilaian pembelajaran matematika. Hasil klasifikasi menunjukkan persentase kebenaran klasifikasi yang diberikan dapat mencapai 88,5%. Dengan demikian penggunaan BoTySeGa sebagai alternatif penilaian pembelajaran matematika layak dipertimbangkan.

6.3 Rencana Perbaikan ke Depan

Hasil-hasil yang telah dicapai dalam penelitian merupakan hasil awal yang perlu mendapat perbaikan dalam pelaksanaan penelitian berikutnya. Kondisi yang belum dicakup dalam penelitian ini dijadikan rencana perbaikan ke depan yang meliputi:

1. *Auto leveling* yang diimplementasikan dalam penentuan level kesukaran tantangan di permainan BoTySeGa masih menggunakan aturan statik. Ke depan *auto leveling* dengan menggunakan salah satu metode *machine learning* sebaiknya diimplementasikan sehingga dasar dalam menentukan level tidak terbatas pada satu tahap data sebelumnya saja, melainkan mencakup keseluruhan data permainan sebelumnya.
2. Pilihan bentuk tantangan permainan di *serious game* yang akan datang perlu melirik bentuk jawaban singkat atau esai sehingga memperkecil peluang pemain memberikan solusi dengan cara coba-coba. Selebihnya, cakupan komponen penilaian tidak hanya pada domain kognitif saja tetapi juga mencakup domain afektif dan psikomotor.
3. Pemikiran untuk meluaskan jangkauan calon pengguna juga perlu dipertimbangkan sehingga keragaman profil pemain yang terjaring dalam data permainan semakin tinggi dan dapat memperkaya pengetahuan mesin dalam melakukan klasifikasi. Untuk pemikiran ini perlu dirancang sistem permainan yang dapat dipasang di satu server dan dapat diakses banyak pengguna pada periode waktu bermain yang sama.
4. Bertolak belakang dengan meningkatnya frekuensi bermain, persentase tantangan yang belum pernah muncul cenderung berkurang. Perlu dipikirkan fitur yang memungkinkan melakukan penambahan tantangan yang secara otomatis dikenali oleh sistem permainan sebagai tantangan yang boleh dilibatkan dalam pemilihan random tantangan permainan.

DAFTAR PUSTAKA

Abt, C.C., 1970. Serious games. Viking Press.

Afif Effindi Muh., Sukajaya I.N, I.K.E Purnama, Mauridhi Hery Purnomo, 2013. Sistem Cerdas untuk Klasifikasi Kemampuan Kognitif dengan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS). The 1st Conference on Information Technology and Computer and Electrical Engineering (CITACEE) 2013. Semarang, pp. 229-232

Ahmad, N.B.H., Shamsuddin, S.M., 2010. A comparative analysis of mining techniques for automatic detection of student's learning style, in: 2010 10th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA). Presented at the 2010 10th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA), pp. 877–882.

Andrade-Aréchiga, M., López, G., López-Morteo, G., 2012. Assessing effectiveness of learning units under the teaching unit model in an undergraduate mathematics course. Computers & Education 59, 594–606. doi:10.1016/j.compedu.2012.03.010

Bergeron, B.P., 2006. Developing Serious Games. Charles River Media.

Bloom, B.S., 1956. Taxonomy of educational objectives: the classification of educational goals. D. McKay.

Boston C., 2002. The concept of formative assessment, Practical Assessment, Research & Evaluation, vol. 8, no. 9.

Brown, E.J., Brailsford, T.J., Fisher, T., Moore, A., 2009. Evaluating Learning Style Personalization in Adaptive Systems: Quantitative Methods and Approaches. IEEE Transactions on Learning Technologies 2, 10–22.

Cannon-Bowers, J., 2010. Serious Game Design and Development: Technologies for Training and Learning: Technologies for Training and Learning. IGI Global.

Chauhan H., Kumar V., Pundir S., and Pilli E. S., 2013. A Comparative Study of Classification Techniques for Intrusion Detection, in 2013 International Symposium on Computational and Business Intelligence (ISCBI), 2013, pp. 40–43.

Chen, C.-M., Hsieh, Y.-L., Hsu, S.-H., 2007. Mining learner profile utilizing association rule for web-based learning diagnosis. Expert Systems with Applications 33, 6–22.

Chen S. dan Michael D., 2005. Proof of learning: Assessment in serious games. [WWW Document]. URL http://www.unco.edu/cetl/sir/stating_outcome/documents/Krathwohl.pdf (accessed 10.24.15).

- Cohen J., 1960. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement* **20**, 37-46
- Conati, C., Zhou, X., 2002. Modeling Students' Emotions from Cognitive Appraisal in Educational Games, in: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. pp. 944-954.
- Conlan, O., Hampson, C., Peirce, N., Kickmeier-Rust, M., 2009. Realtime Knowledge Space Skill Assessment for Personalized Digital Educational Games, in: Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2009. ICAALT 2009. Presented at the Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2009. ICAALT 2009, pp. 538-542.
- Conole, G.C., Fill, K., 2005. A learning design toolkit to create pedagogically effective learning activities [WWW Document]. *Journal of Interactive Media in Education*. URL <http://eprints.soton.ac.uk/263710/> (accessed 1.9.13).
- Cufoglu, A., Lohi, M., Madani, K., 2009. A Comparative Study of Selected Classifiers with Classification Accuracy in User Profiling. Presented at the Computer Science and Information Engineering, 2009 WRI World Congress on, pp. 708-712.
- De Bruyn, E., Mostert, E., Van Schoor, A., 2011. Computer-based testing - the ideal tool to assess on the different levels of Bloom's taxonomy, in: 2011 14th International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL). Presented at the 2011 14th International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL), pp. 444-449.
- De Ribaupierre, A., 2015. Piaget's Theory of Cognitive Development, in: Wright, J.D. (Ed.), *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (Second Edition). Elsevier, Oxford, pp. 120-124.
- Djaouti & 2, D., Alvarez, J., Jessel, J.-P., Rampnoux, O., 2012. Origins of Serious Games.
- El-Nasr, M.S., Drachen, A., Canossa, A., 2013. Game analytics: Maximizing the value of player data. Springer Science & Business Media.
- Fahayana R., Sukajaya I.N, I.K.E Purnama, Mauridhi Hery Purnomo, 2014. Automatic Leveling Game-Based on Cognitive Domain of Bloom's Taxonomy Using FSM method for The Deaf Children, the 15th Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (SITIA), Surabaya, pp 35.
- Gardner, H.E., Gardner, H., 1993. *The Unschooled Mind: How Children Think and How Schools Should Teach*, Rei. ed. Basic Books.
- Gibson, D., 2006. *Games and Simulations in Online Learning: Research and Development Frameworks*, 1st ed. IGI Global.
- Goldberg, D.E., 1989. *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*, 1st ed. Addison-Wesley Professional.

Harfield, M., 2010. Not Dark Yet: A very funny book about a very serious game. Loose Chippings.

Hawks, K.W., 2010. The Effects of Implementing Bloom's Taxonomy and Utilizing The Virginia Standards Of Learning Curriculum Framework To Develop Mathematics Lessons For Elementary Students. Liberty University.

Hawkins G., Nesbitt K., and Brown S., 2012. Dynamic Difficulty Balancing for Cautious Players and Risk Takers, *Int. J. Comput. Games Technol.*, vol. 2012, p. e625476.

Highley, T., Edlin, A.E., 2009. Discrete Mathematics assessment using learning objectives based on Bloom's taxonomy, in: 39th IEEE Frontiers in Education Conference, 2009. FIE '09. Presented at the 39th IEEE Frontiers in Education Conference, 2009. FIE '09, pp. 1 –6.

Jensen A. R., 1980. Bias in Mental Testing. New York: Free Press.

Jones, K.O., Harland, J., Reid, J.M.V., Bartlett, R., 2009. Relationship between examination questions and bloom's taxonomy, in: Frontiers in Education Conference, 2009. FIE '09. 39th IEEE. pp. 1 –6.

Kim, M.-K., Patel, R.A., Uchizono, J.A., Beck, L., 2012. Incorporation of Bloom's Taxonomy into Multiple-Choice Examination Questions for a Pharmacotherapeutics Course. *American Journal of Pharmaceutical Education* 76, 114.

Kozulin, A., 2015. Vygotsky's Theory of Cognitive Development, in: Wright, J.D. (Ed.), *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (Second Edition). Elsevier, Oxford, pp. 322–328.

Krathwohl, D.R., 2002. A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. (PDF) in *Theory into Practice*. V 41. #4. Autumn, 2002. Ohio State University. Second Princ.

Kujala, J.V., Richardson, U., Lyytinen, H., 2010. A Bayesian-optimal principle for learner-friendly adaptation in learning games. *Journal of Mathematical Psychology* 54, 247–255.

Landis, J.R. dan Koch, G.G., 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33, 159-74

Loh C. S. dan Sheng Y., 2014. Maximum Similarity Index (MSI): A metric to differentiate the performance of novices vs. multiple-experts in serious games," *Comput. Hum. Behav.*, vol. 39, pp. 322–330.

Lopes, R., Bidarra, R., 2011. Adaptivity Challenges in Games and Simulations: A Survey. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games* 3, 85 –99.

Mislevy, R.J., Steinberg, L.S., Breyer, F.J., Almond, R.G., Johnson, L., 2002. Making Sense of the Data from Complex Assessments. *Applied Measurement in Education* 15, 363–89.

- Morsink P., 2013. TILE-SIG Feature: The “Digitally Enhanced” Zone of Proximal Development, International Literacy Association, <http://www.literacyworldwide.org/blog/literacy-daily/2013/09/20/tile-sig-feature-the-digitally-enhanced-zone-of-proximal-development>, diakses tanggal 27 Januari 2016.
- Neapolitan, R.E., 2003. Learning Bayesian Networks. Prentice Hall.
- Obikwelu, C., Read, J.C., 2012. The Serious Game Constructivist Framework for Children’s Learning. *Procedia Comput. Sci.*, 4th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications(VS-GAMES’12) 15, 32–37. doi:10.1016/j.procs.2012.10.055
- Roethlisberger, F. J., dan Dickson W.J., 1939. Management and the Worker: An Account of a Research Program Conducted by the Western Electric Company, Hawthorne Works, Chicago. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Russell, S., Norvig, P., 2009. Artificial Intelligence: A Modern Approach, 3rd ed. Prentice Hall.
- Sawyer, B., Rejeski, D., 2002. Serious games: Improving public policy through game-based learning and simulation.
- Sha, L., He, S., Wang, J., Yang, J., Gao, Y., Zhang, Y., Yu, X., 2010a. Creating appropriate challenge level game opponent by the use of dynamic difficulty adjustment, in: 2010 Sixth International Conference on Natural Computation (ICNC). Presented at the 2010 Sixth International Conference on Natural Computation (ICNC), pp. 3897 –3901.
- Sleith M., 2011. Serious Games assessment in games based learning, unpublished.
- Sluijsmans, D.M.A., Struyven, K., 2014. Quality assurance in assessment: An introduction to this special issue. *Studies in Educational Evaluation* 43, 1–4. doi:10.1016/j.stueduc.2014.08.003
- Stash, N.V., Cristea, A.I., De Bra, P.M., 2004. Authoring of learning styles in adaptive hypermedia: problems and solutions, in: Proceedings of the 13th International World Wide Web Conference on Alternate Track Papers & Posters, WWW Alt. ’04. ACM, New York, NY, USA, pp. 114–123.
- Sukajaya, I.N., Mardi, S.N.S., Purnama, K.E., Hariadi, M., Purnomo, M.H., Vitianingsih, A.V., 2012. Multi-parameter dynamic difficulty game’s scenario using Box-Muller of Gaussian distribution, in: 2012 7th International Conference on Computer Science Education (ICCSE). Presented at the 2012 7th International Conference on Computer Science Education (ICCSE), Melbourne, pp. 1666 –1671.
- Sukajaya I.N, I.K.E Purnama dan Mauridhi Hery Purnomo, 2015. Intelligent Classification of Learner's Cognitive Domain using Bayes Net, Naïve Bayes, and J48 utilizing Bloom's Taxonomy-based Serious Game,

International journal of emerging technologies in Learning i-JET Vol 10 No. 2, pp. 46-52.

Sukajaya I.N, I.K.E Purnama dan Mauridhi Hery Purnomo, 2015. K-Means Clustering Of Learners' Cognitive Domain Measured Using Bloom's Taxonomy-Based Serious Game. The 1st International Conference on Innovative Research Across Disciplines -ICIRAD 2015, Kuta, pp. 110-115

Susi, T., Johannesson, M., Backlund, P., 2007. Serious Games : An Overview. Institutionen för kommunikation och information.

Swart, A.J., 2010. Evaluation of Final Examination Papers in Engineering: A Case Study Using Bloom's Taxonomy. IEEE Transactions on Education 53, 257–264.

Sweetser, P., Wyeth, P., 2005. GameFlow: a model for evaluating player enjoyment in games. Comput. Entertain. 3, 3–3.

Syufagi, M.A., Hariadi, M., Purnomo, M.H., 2011a. A Cognitive Skill Classification Based on Multi Objective Optimization Using Learning Vector Quantization for Serious Games. ITB Journal of Information and Communication Technology 5, 189–206.

Syufagi, M.A., Hery, P.M., Hariadi, M., 2011b. Modeling serious games based on Cognitive Skill classification using Learning Vector Quantization with Petri net, in: Advanced Computer Science and Information System (ICACISIS), 2011 International Conference On. pp. 159–164.

Tan, C.H., Tan, K.C., Tay, A., 2011. Dynamic Game Difficulty Scaling Using Adaptive Behavior-Based AI. IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games 3, 289–301.

Tan, C.S., Tay, Y.H., 2010. A preliminary study of the progress on using Bayesian Networks for educational assessment, in: 2010 IEEE Conference on Sustainable Utilization and Development in Engineering and Technology (STUDENT). Presented at the 2010 IEEE Conference on Sustainable Utilization and Development in Engineering and Technology (STUDENT), pp. 75–80.

Tarpin-Bernard, F., Habieb-Mammar, H., 2005. Modeling Elementary Cognitive Abilities for Adaptive Hypermedia Presentation. User Modeling and User-Adapted Interaction 15, 459–495.

Turing A. M., 1950. Computing Machinery and Intelligence, Mind, Vol. 59, No. 236 (Oct., 1950), pp. 433-460.

Um, S.-W., Kim, T.-Y., Choi, J.-S., 2007. Dynamic Difficulty Controlling Game System. IEEE Transactions on Consumer Electronics 53, 812–818.

Van Lankveld, G., Spronck, P., Van den Herik, J., Arntz, A., 2011. Games as personality profiling tools, in: 2011 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG). Presented at the 2011 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG), pp. 197–202.

- Wagner, F., 2006. Modeling Software With Finite State Machines: Practical Approach. CRC PressINC.
- Winn, B.M., 2011. The Design, Play, and Experience Framework, Games for Entertainment and Learning (GEL) Lab, Dept. of Telecommunication, Information Studies, and Media, Michigan State University.
- Witten I. H., Frank E., dan Hall M. A., 2011. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques, Third Edition, 3 edition. Morgan Kaufmann.
- Wooldridge, M., 2002. Intelligent agents: The key concepts, in: In Proceedings of the 9th ECCAI-ACAI/EASSS 2001, AEMAS 2001, HoloMAS 2001 on Multi-Agent-Systems and Applications IISlected Revised Papers, Ser. LNAI. Springer-Verlag, pp. 3–43.
- Yusoff, A., 2010. A Conceptual Framework for Serious Games and its Validation [www document]. URL <http://eprints.soton.ac.uk/271684/> (accessed 12.18.12).
- Zaina, L.A.M., Bressan, G., 2008. Classification of learning profile based on categories of student preferences, in: Frontiers in Education Conference, 2008. FIE 2008. 38th Annual. Presented at the Frontiers in Education Conference, 2008. FIE 2008. 38th Annual, pp. F4E–1 –F4E–6.
- Zhang, L., Zhuang, Y., Yuan, Z., Zhan, G., 2007. Auto diagnosing: An intelligent assessment system based on Bayesian Networks, in: Frontiers In Education Conference - Global Engineering: Knowledge Without Borders, Opportunities Without Passports, 2007. FIE '07. 37th Annual. Presented at the Frontiers In Education Conference - Global Engineering: Knowledge Without Borders, Opportunities Without Passports, 2007. FIE '07. 37th Annual, pp. T1G–7 –T1G–10.

LAMPIRAN 1

KISI-KISI BANK TANTANGAN PERMAINAN BOTYSEGA

| VARIAN SUDUT PANDANG BANGUN DATAR JAJAR GENJANG | C1 | | | C2 | | | C3 | | |
|--|----|----|----|--------|--------|----|--------|--------|----|
| | L | M | H | L | M | H | L | M | H |
| 1. Dua pasang sisi yang berhadapan sejajar | 1 | 17 | | | | | | | |
| 2. Dua pasang sisi yang berhadapan kongruen | 3 | 25 | 27 | 14, 19 | 7 | 8 | 35, 41 | | 40 |
| 3. Dua pasang sudut yang berhadapan kongruen | 2 | 15 | 11 | 23, 34 | 16, 18 | 22 | 30 | 32 | 42 |
| 4. Sudut-sudut yang berdekatan saling berpelurus | 6 | 24 | 31 | | 9 | 13 | 37 | 39 | 43 |
| 5. Sepasang sisi yang saling berhadapan kongruen dan sejajar | | 5 | 20 | | 29 | 33 | | 38 | 44 |
| 6. Diagonal saling membagi sama satu dengan yang lainnya | 4 | | 10 | 12 | | 36 | 21 | 26, 28 | 45 |
| Banyak Soal | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

Keterangan:

C1 : Mengingat (*Remember*)

C2 : Memahami (*Understand*)

C3 : Menerapkan (*apply*)

L : Level kesukaran rendah

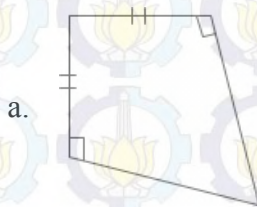
M : Level kesukaran menengah

H : Level Kesukaran Tinggi

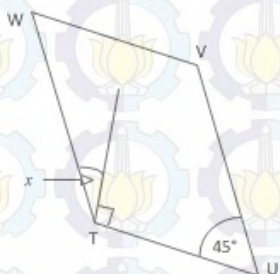
EMPAT PULUH LIMA TANTANGAN PERMAINAN BOTYSEGA

1. Sebuah segiempat merupakan jajar genjang jika memiliki
 - a. Sepasang sisi yang berdekatan sama panjang
 - b. Sepasang sisi yang sejajar
 - c. Sepasang sisi yang sama panjang
 - d. Dua pasang sisi yang berhadapan sejajar *)
2. Sebuah segiempat merupakan jajar genjang jika
 - a. Dua pasang sudut yang berhadapan kongruen *)
 - b. Sepasang sudut yang berdekatan jumlahnya 90°
 - c. Sepasang sudut yang berdekatan sama besar
 - d. Sudut-sudut yang berdekatan saling tegak lurus
3. Sebuah segiempat merupakan jajar genjang jika
 - a. sepasang sisinya sama panjang
 - b. Dua pasang sisi yang berhadapan sama panjang *)
 - c. Sisi-sisi yang berdekatan sama panjang
 - d. Sepasang sisinya sejajar
4. Diagonal-diagonal pada jajar genjang
 - a. Saling berpotongan
 - b. Saling berpotongan tegak lurus
 - c. Saling memotong sama panjang satu dengan lainnya *)
 - d. Saling berpotongan tegak lurus dan sama panjang
5. Segiempat KLMN adalah jajar genjang jika
 - a. Sepasang sisi berhadapan sama panjang dan sejajar *)
 - b. Sepasang sisi sama panjang dan sepasang sisi yang lain sejajar
 - c. Sepasang sudut yang berhadapan sama besar
 - d. Diagonal-diagonal nya saling berpotongan tegak lurus
6. segiempat ABCD adalah jajar genjang apabila
 - a. sepasang sisi berhadapan sama panjang
 - b. sepasang sudut berhadapan kongruen
 - c. sudut-sudut yang berdekatan saling berpelurus *)
 - d. sepasang sisi yang berhadapan sejajar

7. Jika panjang \overline{EF} pada jajar genjang EFGH adalah 34 cm maka panjang \overline{GH} adalah
 a. 17 cm b. 34 cm *) c. 68 cm d. 90 cm
8. Pada jajar genjang GHIJ, K adalah tengah-tengah \overline{HI} . Jika panjang \overline{HK} adalah 18 cm maka panjang \overline{GJ} adalah
 a. 9 cm b. 18 cm c. 36 cm *) d. 54 cm
9. Jika $\angle ABC$ pada jajar genjang ABCD besarnya 78° maka besar $\angle DAB$ adalah
 a. 78° b. 90° c. 102° *) d. 156°
10. \overline{MO} dan \overline{LN} adalah diagonal-diagonal jajar genjang LMNO. Jika P adalah titik potong \overline{MO} dan \overline{LN} maka \overline{MP} sama dengan panjang
 a. \overline{OP} *) b. \overline{LP} c. \overline{NP} d. \overline{MN}
11. Dua sudut yang berdekatan pada jajar genjang besarnya sama. Berapa besar sudut-sudut tersebut?
 a. 45° b. 90° *) c. 135° d. 145°
12. Segiempat berikut yang merupakan bangun jajar genjang adalah



13. Pada jajar genjang TUVW, besar $\angle x$ adalah



- a. 30° b. 35° c. 40° d. 45° *)

14. Mana di antara bangun-bangun berikut adalah jajar genjang?

a.



b.



c.



d.



15. Mana di antara bangun-bangun berikut yang merupakan jajar genjang?

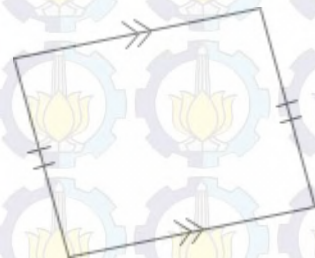
a.



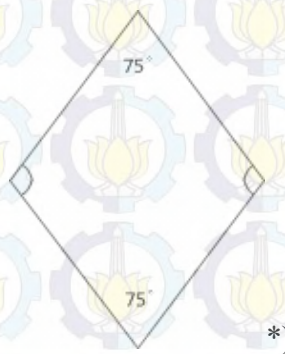
b.



c.



d.



16. Mana di antara bangun-bangun berikut adalah jajar genjang?

a.



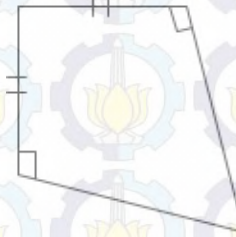
b.



c.

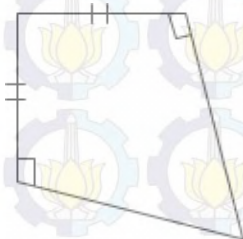


d.

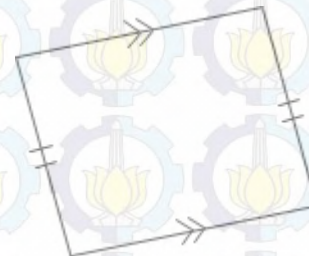


17. Di antara bangun berikut yang merupakan jajar genjang adalah

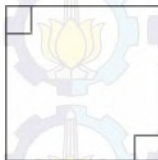
a.



b.



c.

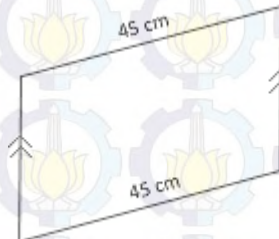


d.

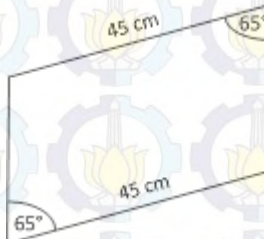


18. Di antara bangun-bangun berikut yang merupakan jajar genjang adalah

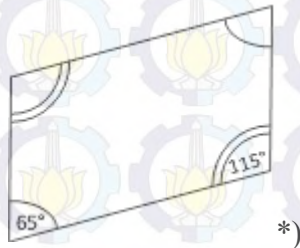
a.



b.



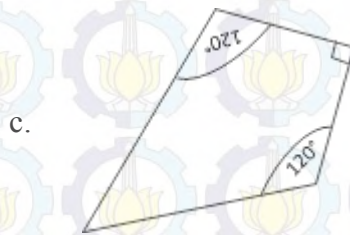
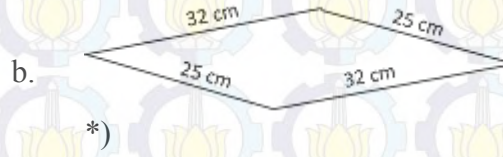
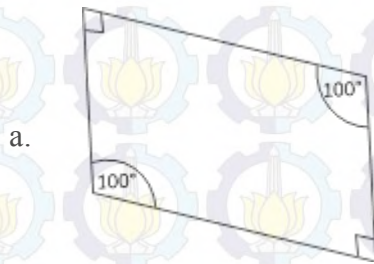
c.



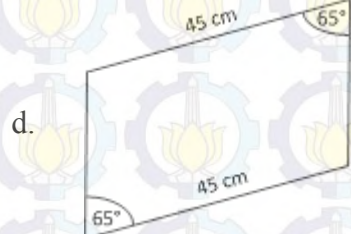
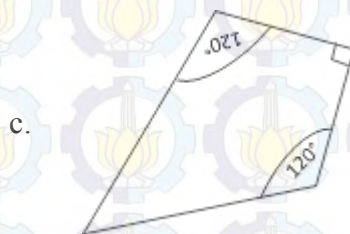
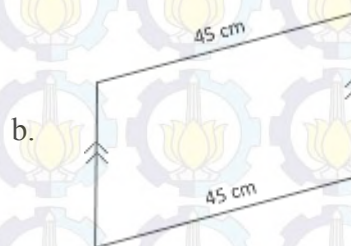
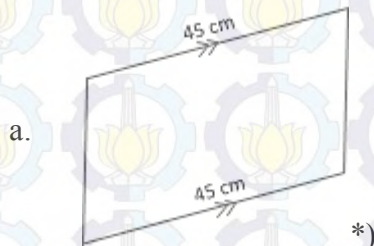
d.



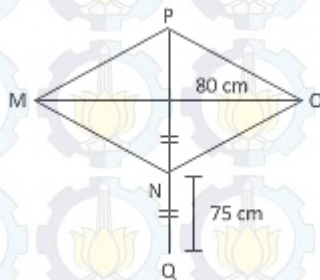
19. Di antara bangun-bangun berikut yang merupakan jajar genjang adalah



20. Di antara bangun-bangun berikut yang merupakan jajar genjang adalah



21. MNOP adalah jajar genjang. Panjang \overline{PQ} adalah

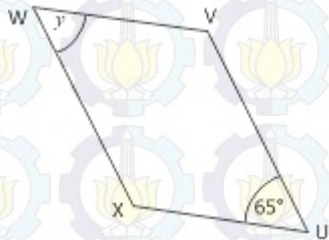


- a. 75 cm b. 80 cm c. 150 cm d. 225 cm *)

22. Jajar genjang dapat dibangun dari segiempat dengan dua pasang sudut berhadapan yang masing-masing besarnya

- a. 40° dan 50° b. 65° dan 45° c. 75° dan 60° d. 35° dan 145° *)

23. Pada jajar genjang UVWX besar $\angle y$ adalah:



- a. 35° b. 40° c. 45° d. 65° *)

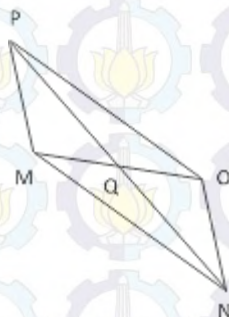
24. Segiempat FGHI adalah jajar genjang apabila

- a. \overline{FG} dan \overline{HI} sejajar
 b. $\angle GHI + \angle HIF = 180^\circ$ *)
 c. \overline{GH} dan \overline{FI} sama panjang
 d. \overline{GH} tegak lurus \overline{HI}

25. Pada jajar genjang EFGH

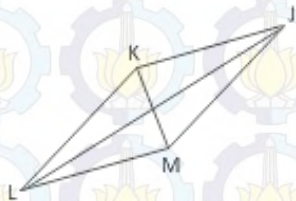
- a. \overline{EF} sejajar \overline{FG}
 b. \overline{EF} tegak lurus \overline{FG}
 c. \overline{FG} sama panjang dengan \overline{EH} *)
 d. \overline{EF} sama panjang dengan \overline{FG}

26. Pada jajar genjang MNOP, panjang \overline{MO} adalah 50 cm. Jika panjang \overline{NP} adalah $2 \times$ panjang \overline{MO} maka panjang \overline{PQ} adalah



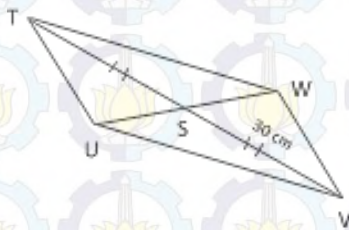
- a. 25 cm b. 50 cm *) c. 75 cm d. 100 cm

27. Pada jajar genjang JKLM, \overline{LM} kongruen dengan



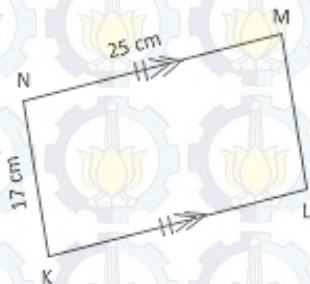
- a. \overline{JK} *) b. \overline{KL} c. \overline{JM} d. \overline{KM}

28. Pada jajar genjang TUVW, panjang \overline{SW} adalah $\frac{2}{3}$ panjang \overline{SV} . Panjang \overline{UW} adalah



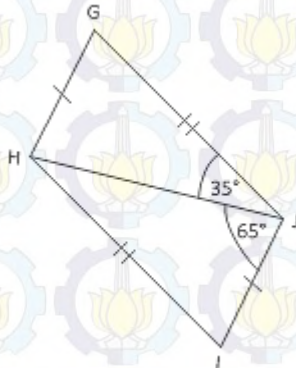
- a. 20 cm b. 30 cm c. 40 cm *) d. 60 cm

29. Pada segiempat KLMN, panjang \overline{LM} adalah



- a. 17 cm *) b. 20 cm c. 25 cm d. 27 cm

30. Pada segiempat GHIJ, besar $\angle HIJ$ adalah

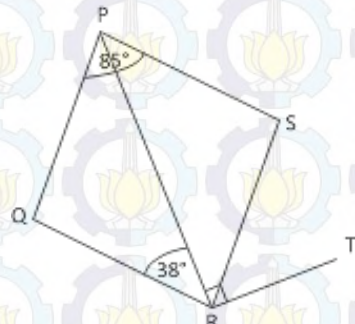


- a. 35° b. 65° c. 80° *) d. 90°

31. Apabila besar salah satu sudut bangun jajar genjang adalah 60° maka besar sudut yang berdekatan dengan sudut 60° tersebut adalah

- a. 30° b. 60° c. 90° d. 120° *)

32. Pada jajar genjang PQRS, \overline{RT} tegak lurus dengan \overline{PR} . Besar $\angle SRT$ adalah



- a. 38° b. 43° *) c. 45° d. 47°

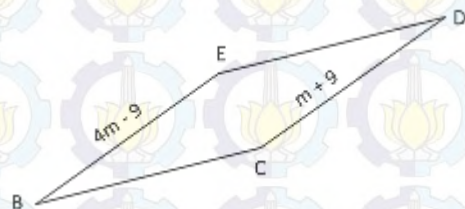
33. Panjang \overline{EF} pada segiempat EFGH adalah 15 cm. \overline{EF} sejajar dan sama panjang dengan \overline{GH} . Jika diketahui panjang \overline{FG} adalah 7 cm maka panjang \overline{EH} adalah

- a. 7 cm *) b. 8 cm c. 15 cm d. 20 cm

34. Pada jajar genjang IJKL; jika diketahui besar $\angle IJK$ adalah 45° maka besar $\angle KLI$ adalah

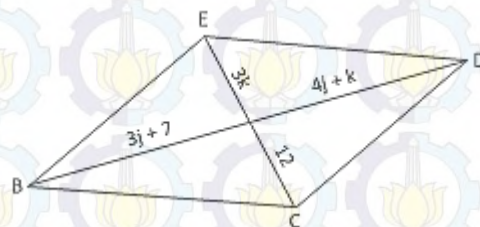
- a. 45° *) b. 90° c. 135° d. 225°

35. Jika BCDE adalah jajar genjang maka nilai m adalah



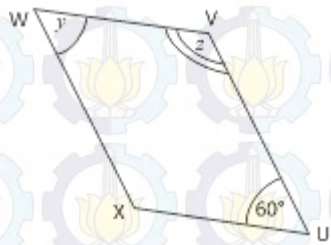
- a. 6 *) b. 9 c. 15 d. 18

36. Panjang \overline{BD} pada jajar genjang BCDE adalah



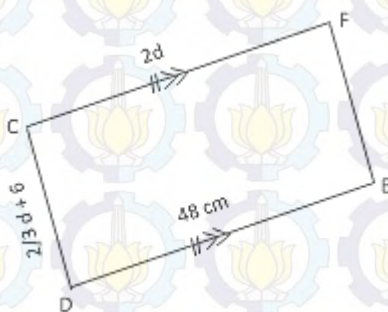
- a. 6 b. 9 c. 16 d. 32 *)

37. Nilai $\frac{2}{3} \times \angle z$ pada jajar genjang UVWX adalah



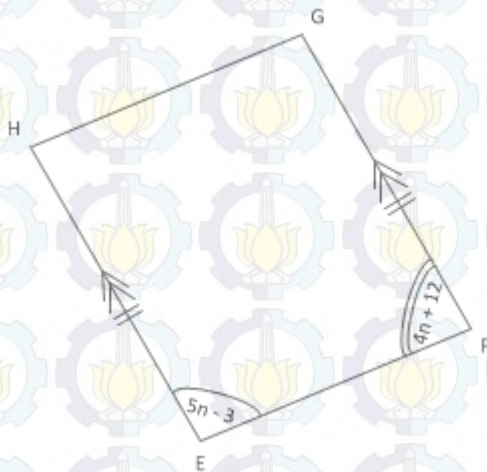
- a. 60° b. 80° *) c. 120° d. 150°

38. Panjang \overline{EF} pada jajar genjang CDEF adalah



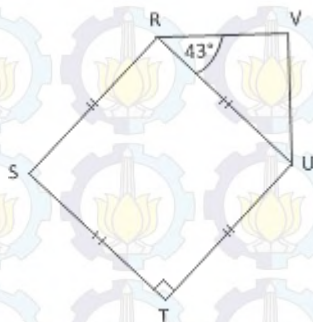
- a. 7 cm b. 8 cm c. 15 cm d. 22 cm *)

39. Besar $\angle EFG$ pada segiempat EFGH adalah



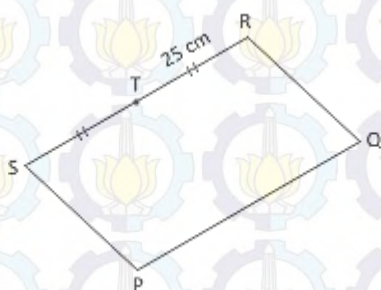
- a. 68° b. 73° c. 88° *) d. 92°

40. Besar $\angle VRS$ pada bangun berikut adalah



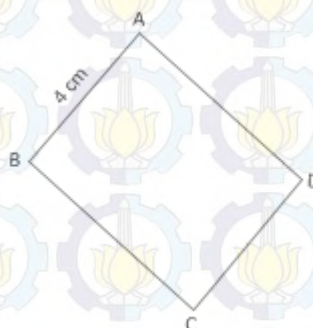
- a. 83° b. 86° c. 133° *) d. 135°

41. Pada jajar genjang PQRS, T adalah tengah-tengah \overline{RS} . Panjang \overline{PQ} adalah



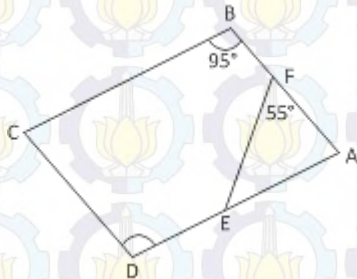
- a. 12,5 cm b. 25 cm c. 37,5 cm d. 50 cm *)

42. Segiempat ABCD adalah jajar genjang dan $\overline{AD} = 1\frac{1}{2} \times \overline{AB}$. Keliling jajar genjang ABCD adalah



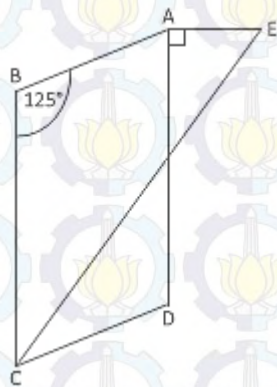
- a. 8 cm b. 10 cm c. 16 cm d. 20 cm *)

43. ABCD adalah jajar genjang. Jika diketahui $\angle ABC = 95^\circ$ dan $\angle AFE = 55^\circ$ maka $\angle FEA =$



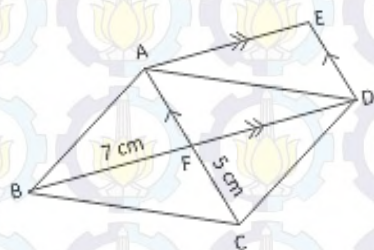
- a. 20° b. 30° c. 40° *) d. 55°

44. Jika segiempat ABCD adalah jajar genjang maka besar $\angle EAB$ adalah



- a. 110° b. 115° c. 120° d. 145° *)

45. ABCD adalah jajar genjang. Keliling dari segiempat AFDE adalah



- a. 20 cm b. 24 cm *) c. 28 cm d. 32 cm

LAMPIRAN 2

VALIDASI SOAL-SOAL PERMAINAN BOTYSEGA

Nama validator : Dr. I Nengah Suparta, M.Si.

Instansi / Lembaga : Jurusan Pendidikan Matematika, FMIPA
Universitas Pendidikan Ganesha

Bidang Keahlian : Pendidikan Matematika

KOMENTAR :

Umum:

- Options sebaiknya hanya a, b, c, dan d saja.
- Perhatikan konsistensi penulisan (huruf besar atau huruf kecil di awal options)
- Konsistensi penulisan options: vertical atau horisontal

| No. Soal | Penilaian | Keterangan |
|--|-----------|--|
| 1. Ok | | Jajar genjang \leq jajargenjang |
| 2. Ok | | - Jajar genjang \leq jajargenjang -Istilah kongruen utk sudut, sebaiknya diganti dengan "sama besa" atau "ukurannya sama" |
| 3. Kenapa tidak menggunakan pernyataan "sisi-sisi yang berhadapan sama panjang"? | | Jajar genjang \leq jajargenjang |
| 4. Ok | | Jajar genjang \leq jajargenjang |
| 5. Ok | | - Jajar genjang \leq jajargenjang - KLMN tidak bermakna |
| 6. Ok | | -Jajar genjang \leq jajargenjang -ABCD tidak bermakna |
| 7. Ok | | - Jajar genjang \leq jajargenjang - sebaiknya dilengkapi dengan gambar jajargenjang EFGH |
| 8. Ok | | |
| 9. Ok | | |
| 10. Ok | | |

| | |
|-----|---|
| 11. | Ok |
| 12. | Ok |
| 13. | Ok |
| 14. | Ok |
| 15. | Soal Ok, tapi option d. terlalu ekstrim (bukan segiempat) |
| 16. | Idem, option c sebaiknya diganti. |
| 17. | Ok |
| 18. | Kunci jawaban perlu dicermati dari sisi konsistensi keterangan gambar. Option b juga perlu dicermati penggunaan tanda siku-siku |
| 19. | Perhatikan option a. Komentar sama dg option b pada soal no. 18 |
| 20. | Option e, serupa dengan option a pd soal no.19 |
| 21. | Ok |
| 22. | Apakah yang ditulis berhadapan maksudnya adalah berdampingan (bersisian)? |
| 23. | Ok |
| 24. | Kunci jawaban perlu diperiksa kebenarannya |
| 25. | Ok |
| 26. | Ok |
| 27. | Apa yang dimaksud dengan dua garis kongruen? |
| 28. | Yang sama dengan 30 cm pada gambar itu yang mana? Ingat bahwa gambar dapat menunjukkan keadaan yang yang tidak sebenarnya. |
| 29. | Panjang LM dapat tidak sama dengan panjang KN, karena bangun bukan jajargenjang |
| 30. | Ok |

31. Ok

32. Ok

33. Keterangan panjang EF pada soal tidak berfungsi

34. Ok

35. Mungkin mengganti simbol c dg m atau n akan menjadi lebih jelas soalnya

36. Kunci perlu diperiksa kebenarannya

37. Pada soal, mengoperasikan lambang sudut mungkin perlu dipikirkan.

38. Ok

39. Ok

40. Kiranya soalnya perlu diperiksa untuk memberikan ketunggalan jawaban

41. Yang ukurannya 25 cm itu siapa? Mungkin perlu diperjelas

42. Ok

43. Ok

44. Ok

45. Ok

VALIDASI SOAL-SOAL PERMAINAN BOTYSEGA

Nama validator : Dr. I Wayan Puja Astawa, S.Pd., M.Stat.Sci.

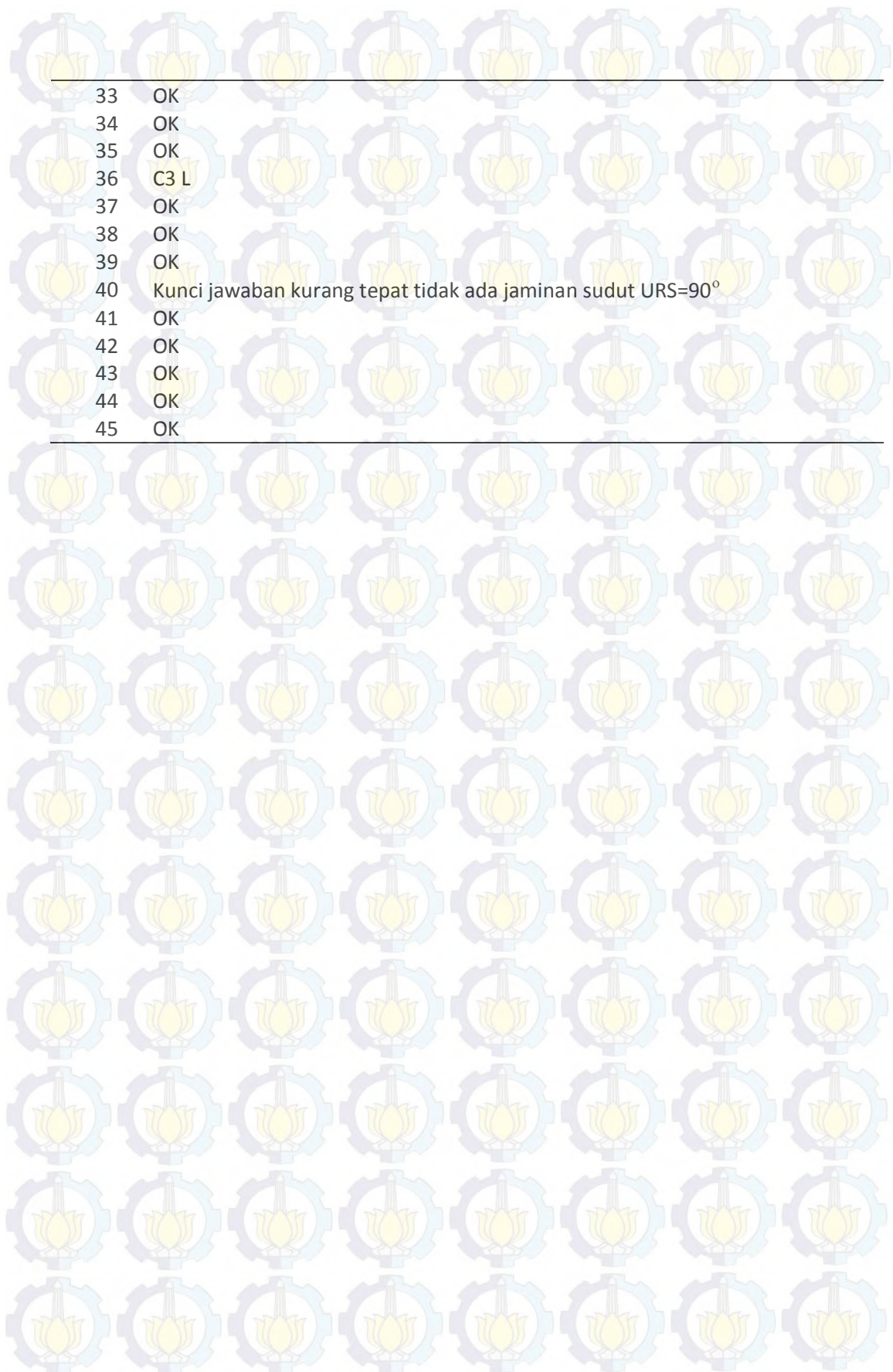
Instansi / Lembaga : Jurusan Pendidikan Matematika, FMIPA

Universitas Pendidikan Ganesha

Bidang Keahlian : Pendidikan Matematika

KOMENTAR :

| No Soal | STATUS / KOMENTAR |
|---------|--|
| 1,2,3 | Option a, b, c, d, dan e agar dibuat sejenis. Kalau tentang sisi, maka option tentang sisi semua karena soal ini berada pada level C1 L. |
| 4 | OK. Optionnya sejenis dan bagus |
| 5,6 | Tergolong ke C1 M karena option tidak sejenis |
| 7 | Tergolong ke C2 L |
| 8 | Tergolong ke C2 M |
| 9 | OK |
| 10 | OK |
| 11 | Tergolong ke C2 L |
| 12 | OK |
| 13 | OK |
| 14 | Kata “adalah” pada stem soal sebaiknya diganti dg kata “merupakan” Option a belum tentu jajar genjang karena tidak ada jaminan sisi-sisi yang berhadapan sejajar.Tergolong C2 L |
| 15 | Tergolong C2 L |
| 16 | C2 |
| 17 | C2 |
| 18 | C2 H |
| 19 | C2 L |
| 20 | C2 L |
| 21 | OK |
| 22 | OK |
| 23 | OK |
| 24 | OK |
| 25 | C2 L |
| 26 | OK |
| 27 | C2 |
| 28 | OK |
| 29 | OK |
| 30 | OK |
| 31 | C2 |
| 32 | OK |



-
- | | |
|----|--|
| 33 | OK |
| 34 | OK |
| 35 | OK |
| 36 | C3 L |
| 37 | OK |
| 38 | OK |
| 39 | OK |
| 40 | Kunci jawaban kurang tepat tidak ada jaminan sudut URS=90° |
| 41 | OK |
| 42 | OK |
| 43 | OK |
| 44 | OK |
| 45 | OK |
-

LAMPIRAN 3 DATA PERMAINAN BOTYSEGA

| NO | SKOR | | | | | | | | | UKURAN WAKTU PENYELESAIAN TANTANGAN | | | | | | | | | UKURAN WAKTU AKSES MENU HELP | | | | | | | | |
|----|------|---|---|---|---|---|---|---|---|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 52 | 54 | 36 | 33 | 98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 71 | 57 | 116 | 25 | 9 | 94 | 206 | 152 | 48 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 20 | 95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 2 | 0 | 2 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 41 | 23 | 142 | 111 | 33 | 25 | 219 | 109 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 44 | 47 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 25 | 40 | 6 | 94 | 21 | 48 | 193 | 142 | 68 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 72 | 39 | 278 | 213 | 83 | 54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33 | 14 | 82 | 69 | 33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 83 | 54 | 70 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 11 | 41 | 4 | 280 | 34 | 27 | 111 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 43 | 110 | 84 | 8 | 25 | 9 | 42 | 100 | 200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 12 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 27 | 5 | 108 | 105 | 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 21 | 59 | 23 | 20 | 17 | 10 | 56 | 11 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 14 | 19 | 2 | 12 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 15 | 29 | 32 | 38 | 34 | 72 | 125 | 112 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 139 | 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 43 | 113 | 59 | 95 | 20 | 32 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 | 38 | 54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 39 | 138 | 64 | 11 | 95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 28 | 39 | 108 | 143 | 11 | 14 | 65 | 100 | 125 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 21 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 8 | 32 | 11 | 13 | 34 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 7 | 3 | 49 | 18 | 26 | 50 | 57 | 33 | 82 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 | 75 | 65 | 85 | 100 | 135 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 2 | 20 | 233 | 13 | 308 | 102 | 92 | 192 | 165 | 157 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 7 | 21 | 39 | 11 | 5 | 6 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 15 | 16 | 46 | 136 | 54 | 52 | 51 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 30 | 9 | 21 | 9 | 35 | 192 | 103 | 108 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 28 | 2 | 3 | 3 | 0 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 7 | 21 | 69 | 31 | 38 | 65 | 43 | 140 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 89 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 2 | 0 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 1 | 7 | 5 | 4 | 8 | 4 | 15 | 66 | 40 | 200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 31 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 0 | 1 | 10 | 51 | 76 | 28 | 54 | 42 | 42 | 31 | 52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 32 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 127 | 67 | 52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 33 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 109 | 31 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 34 | 2 | 3 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 77 | 6 | 172 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 35 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 55 | 25 | 28 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 36 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 41 | 8 | 101 | 10 | 22 | 160 | 271 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 37 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 6 | 11 | 17 | 15 | 11 | 4 | 51 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 38 | 2 | 3 | 3 | 0 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 5 | 11 | 13 | 7 | 104 | 42 | 33 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 39 | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 24 | 14 | 26 | 62 | 57 | 72 | 93 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 40 | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 74 | 85 | 11 | 30 | 64 | 76 | 63 | 38 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 41 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 12 | 16 | 16 | 47 | 27 | 7 | 78 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 42 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 110 | 114 | 60 | 10 | 98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 43 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 75 | 33 | 46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 44 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 118 | 29 | 11 | 105 | 83 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 45 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 11 | 55 | 49 | 20 | 33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 46 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 27 | 5 | 40 | 105 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 47 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 46 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 48 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 82 | 41 | 69 | 26 | 178 | 45 | 50 | 65 | 110 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 49 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 38 | 102 | 21 | 46 | 111 | 35 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 68 | 66 | 37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 51 | 2 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 119 | 9 | 24 | 165 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 52 | 2 | 0 | 2 | 3 | 3 | 3 | 0 | 2 | 3 | 60 | 7 | 26 | 50 | 35 | 80 | 100 | 209 | 87 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 53 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 123 | 4 | 183 | 84 | 277 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 54 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 108 | 136 | 184 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 55 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 114 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 56 | 2 | 3 | 3 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 42 | 8 | 34 | 91 | 139 | 82 | 162 | 142 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 57 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 18 | 38 | 25 | 33 | 9 | 15 | 62 | 230 | 98 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 58 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 38 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 59 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 174 | 175 | 143 | 16 | 62 | 78 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 60 | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 15 | 3 | 40 | 85 | 10 | 23 | 12 | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 61 | 2 | 0 | 2 | 3 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 7 | 48 | 45 | 19 | 69 | 44 | 38 | 47 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 62 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 15 | 59 | 140 | 11 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 63 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 76 | 17 | 14 | 56 | 57 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 64 | 2 | 3 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 1 | 2 | 5 | 148 | 295 | 60 | 68 | 81 | 103 | 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 65 | 2 | 3 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 2 | 3 | 31 | 38 | 10 | 25 | 8 | 7 | 36 | 20 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 66 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 8 | 3 | 13 | 7 | 6 | 34 | 13 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 67 | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 3 | 3 | 0 | 2 | 69 | 46 | 31 | 468 | 11 | 169 | 160 | 50 | 100 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 68 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 184 | 39 | 56 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 69 | 2 | 3 | 3 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 23 | 77 | 23 | 37 | 53 | 21 | 44 | 113 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 70 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 0 | 2 | 50 | 154 | 47 | 228 | 56 | 85 | 48 | 42 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 71 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 83 | 24 | 6 | 8 | 12 | 17 | 63 | 58 | 87 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 72 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 10 | 110 | 105 | 489 | 79 | 11 | 100 | 65 | 59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 73 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 210 | 98 | 48 | 76 | 56 | 95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 74 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 159 | 49 | 51 | 8 | 12 | 332 | 150 | 36 | 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 75 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 2 | 11 | 19 | 35 | 20 | 25 | 65 | 97 | 100 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 76 | 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 2 | 3 | 3 | 3 | 23 | 19 | 19 | 5 | 7 | 9 | 92 | 69 | 74 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 77 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 3 | 0 | 2 | 3 | 8 | 17 | 4 | 10 | 13 | 10 | 21 | 24 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 78 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 42 | 54 | 87 | 83 | 34 | 264 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 79 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59 | 55 | 48 | 93 | 40 | 37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 5 | 53 | 38 | 38 | 142 | 18 | 120 | 67 | 74 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 81 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 2 | 3 | 17 | 87 | 180 | 450 | 72 | 108 | 100 | 97 | 105 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 82 | 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 58 | 93 | 77 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 83 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 0 | 2 | 39 | 44 | 62 | 7 | 63 | 37 | 79 | 148 | 48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 84 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 39 | 18 | 75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 85 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 103 | 22 | 262 | 16 | 87 | 61 | 282 | 296 | 30 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |



PEMERINTAH KABUPATEN BULELENG

DINAS PENDIDIKAN

SEKOLAH DASAR No. 3 BANJAR JAWA

Alamat : Jalan Ngurah Rai No. 47 Singaraja Telp. (0362) 27191

SURATKETERANGAN

Nomor : 421.7 / 119 / Pendas / 2014

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ida Bagus Soma Putra, M.Pd.

NIP : 196209231986061002

Jabatan : Kepala SD No. 3 Banjar Jawa

menerangkan dengan sebenarnya bahwa:

Nama : I Nyoman Sukajaya

NRP : 2211301003

Status : Mahasiswa

Program Studi: Pascasarjana Teknik Elektro

Institusi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

memang benar telah melakukan pengumpulan data di sekolah kami terkait kebutuhan disertasi dengan topik: "Pengembangan Agen Cerdas Berbasis Taksonomi Bloom untuk Klasifikasi Profil Pembelajar Matematika" yang dilakukan dari tanggal 10 sampai 26 April 2014.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Singaraja, 28 April 2014
Kepala SD No. 3 Banjar Jawa

Ida Bagus Soma Putra, M.Pd.
NIP: 196209231986061002



YAYASAN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA SINGARAJA
SEKOLAH DASAR (TERAKREDITASI A)
LABORATORIUM UNDIKSHA SINGARAJA

Sk. Kakanwil Depdikbud Propinsi Bali No. 144/I.19/Kep/I.1993 Tanggal 6 Desember 1993
ALAMAT : JALAN JATAYU No. 10 Singaraja TELEPON NO. : (0362) 22389

SURATKETERANGAN

Nomor : 47/SD/Lab. Undiksha/TU/2014

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Drs. I Made Arsana, M.Pd.

NIP : 196201031982011010

Jabatan : Kepala SD Laboratorium Undiksha

menerangkan dengan sebenarnya bahwa:

Nama : I Nyoman Sukajaya

NRP : 2211301003

Status : Mahasiswa

Program Studi: Pascasarjana Teknik Elektro

Institusi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

memang benar telah melakukan pengumpulan data di sekolah kami terkait kebutuhan disertasi dengan topik: "Pengembangan Agen Cerdas Berbasis Taksonomi Bloom untuk Klasifikasi Profil Pembelajar Matematika" yang dilakukan dari tanggal 8 sampai 26 April 2014.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Singaraja, 28 April 2014

Kepala SD Laboratorium Undiksha



Drs. I Made Arsana, M.Pd.

NIP. 196201031982011010

LAMPIRAN 5 TES KEMAMPUAN MATEMATIKA

Materi: Segi Empat Jajar Genjang
Kelas: V Semester 2 Waktu: 90 menit

PETUNJUK.

- Tes terdiri dari 5 soal
- Setiap soal terdiri dari empat pilihan. Pilih satu jawaban yang paling tepat dengan melingkari nya
- Masing-masing soal memiliki bobot berbeda.

1. Segiempat ABCD adalah jajar genjang apabila

(bobot 1)

- sepasang sisi berhadapan sama panjang
- sepasang sudut berhadapan kongruen
- sudut-sudut yang berdekatan saling berpelurus
- sepasang sisi yang berhadapan sejajar

2. Pada jajar genjang EFGH

(bobot 1)

- \overline{EF} sejajar \overline{FG}
- \overline{EF} tegak lurus \overline{FG}
- \overline{FG} sama panjang dengan \overline{EH}
- \overline{EF} sama panjang dengan \overline{FG}

3. Jika BCDE adalah jajar genjang maka nilai m adalah

(bobot 3)



- 6
- 9
- 15
- 18

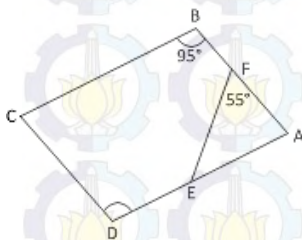
4. Jajar genjang dapat dibangun dari segiempat dengan dua pasang sudut berhadapan yang masing-masing besarnya

(bobot 2)

- 40° dan 50°
- 65° dan 45°
- 75° dan 60°
- 35° dan 145°

5. ABCD adalah jajargenjang. Jika diketahui $\angle ABC = 95^\circ$ dan $\angle AFE = 55^\circ$ maka $\angle FEA =$

(bobot 3)



- 20°
- 30°
- 40°
- 55°

LAMPIRAN 6

KUESIONER

Respon Pemain terhadap Penggunaan BoTySeGa dalam Penilaian Pembelajaran

PETUNJUK

Pilih pernyataan yang Saudara pikir paling tepat dengan cara memberi tanda silang (×) pada kolom

| No | PERNYATAAN | SS | S | R | TS | STS |
|----|--|----|---|---|----|-----|
| 1 | Saya senang memainkan game Cupak Grantang. | | | | | |
| 2 | Saya memilih memainkan Game Cupak Grantang daripada game pada umumnya. | | | | | |
| 3 | Game Cupak Grantang menantang saya lebih rajin belajar matematika | | | | | |
| 4 | Saya tidak suka dengan adanya soal-soal matematika di game Cupak Grantang | | | | | |
| 5 | Soal-soal matematika di game Cupak Grantang membuat saya malas memainkan nya | | | | | |
| 6 | Saya takut gagal dalam memainkan game Cupak Grantang | | | | | |
| 7 | Saya kesulitan memainkan game Cupak Grantang | | | | | |
| 8 | Saya lebih memahami materi matematika dengan memainkan game Cupak Grantang | | | | | |
| 9 | Game Cupak Grantang menyebabkan saya tidak konsentrasi belajar matematika | | | | | |
| 10 | Saya membutuhkan game mirip game Cupak Grantang dalam belajar matematika | | | | | |
| 11 | Game Cupak Grantang mengganggu pengetahuan saya belajar matematika | | | | | |
| 12 | Soal-soal matematika di game Cupak Grantang sukar. | | | | | |
| 13 | Saya menjadi tahu kemampuan matematika saya dengan memainkan game Cupak Grantang | | | | | |
| 14 | Kemampuan saya mengerjakan soal-soal matematika dengan memainkan game Cupak Grantang berbeda dengan kemampuan keseharian saya. | | | | | |

15 Belajar matematika saya menjadi lebih baik
dengan memainkan game Cupak Grantang

Catatan:

SS : Sangat Setuju
S : Setuju
R : Ragu-ragu

TS : Tidak setuju
STS : Sangat tidak setuju

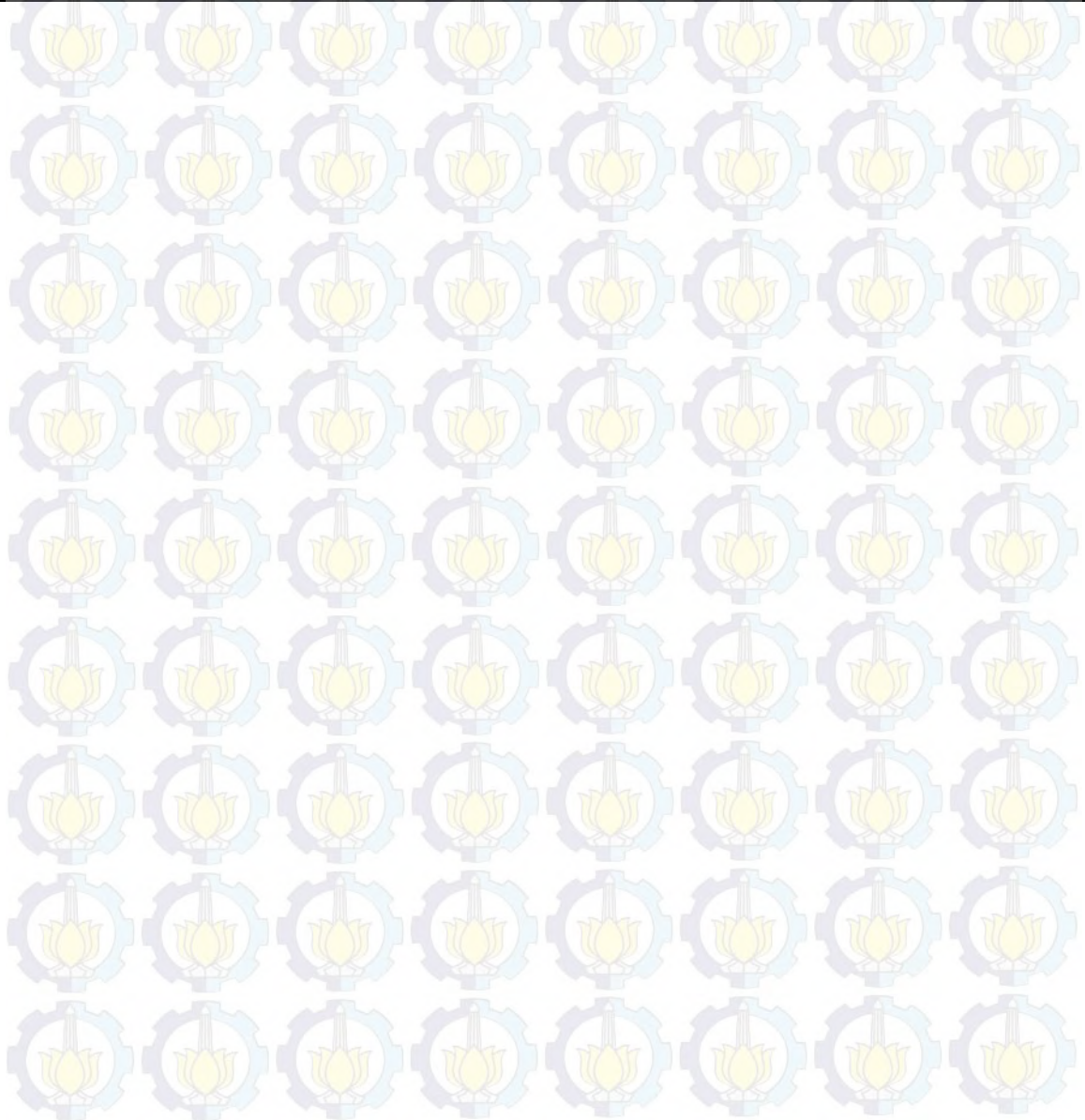
LAMPIRAN 7

RESPON PEMAIN TERHADAP PENGGUNAAN BOTYSEGA SEBAGAI ALTERNATIF PENILAIAN PEMBELAJARAN

| NO | I T E M | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | S | R | SS | TS | TS | S | SS | SS | STS | SS | STS | R | SS | SS | SS |
| 2 | SS | SS | SS | TS | TS | TS | TS | SS | TS | SS | TS | TS | SS | SS | SS |
| 3 | SS | SS | S | STS | STS | STS | SS | SS | STS | R | STS | STS | S | SS | S |
| 4 | SS | R | S | STS | STS | STS | STS | STS | STS | S | STS | STS | SS | STS | SS |
| 5 | SS | SS | SS | STS | STS | R | STS | SS | STS | SS | STS | SS | SS | SS | SS |
| 6 | SS | S | SS | STS | TS | S | R | S | STS | SS | STS | R | SS | SS | SS |
| 7 | SS | TS | S | TS | TS | R | R | S | STS | S | TS | R | SS | S | S |
| 8 | SS | SS | SS | STS | STS | R | TS | R | STS | SS | TS | TS | S | S | R |
| 9 | SS | S | SS | TS | TS | SS | R | SS | STS | S | TS | R | SS | SS | S |
| 10 | SS | S | SS | TS | TS | SS | R | SS | STS | S | TS | R | SS | SS | S |
| 11 | SS | R | S | TS | TS | S | TS | R | TS | SS | TS | R | SS | S | SS |
| 12 | SS | SS | SS | TS | TS | STS | STS | S | TS | S | STS | STS | S | R | R |
| 13 | SS | S | S | STS | TS | TS | TS | SS | TS | SS | STS | SS | STS | S | SS |
| 14 | SS | SS | S | STS | TS | SS | R | SS | STS | SS | STS | SS | SS | R | SS |
| 15 | SS | SS | SS | STS | STS | STS | STS | SS | STS | SS | STS | TS | SS | R | SS |
| 16 | SS | S | SS | STS | STS | R | TS | SS | STS | SS | STS | TS | SS | R | SS |
| 17 | SS | S | SS | TS | TS | STS | TS | S | TS | S | TS | TS | S | R | S |
| 18 | SS | SS | S | STS | STS | R | TS | S | TS | SS | STS | R | S | SS | S |
| 19 | S | S | SS | TS | TS | R | R | S | TS | SS | TS | TS | S | R | S |
| 20 | SS | R | SS | R | STS | TS | TS | SS | STS | SS | STS | R | S | R | S |
| 21 | SS | S | S | TS | STS | R | TS | S | TS | S | STS | SS | SS | S | STS |
| 22 | SS | SS | SS | STS | STS | R | STS | SS | STS | SS | STS | R | SS | SS | SS |
| 23 | SS | SS | SS | TS | STS | S | R | STS | STS | R | STS | TS | SS | R | R |
| 24 | S | R | SS | STS | STS | R | R | S | STS | R | STS | TS | SS | R | SS |
| 25 | SS | S | R | R | STS | R | R | SS | STS | R | STS | STS | SS | R | SS |
| 26 | SS | SS | SS | STS | STS | R | R | R | STS | S | STS | R | S | S | SS |
| 27 | SS | S | SS | STS | STS | STS | STS | SS | STS | SS | SS | STS | SS | SS | SS |
| 28 | SS | SS | SS | TS | TS | TS | R | S | TS | S | TS | R | SS | S | S |
| 29 | SS | S | SS | STS | STS | STS | S | SS | STS | SS | STS | S | SS | R | S |
| 30 | SS | S | SS | TS | STS | SS | S | SS | STS | S | TS | TS | SS | R | S |
| 31 | SS | S | S | TS | R | R | R | S | TS | TS | R | R | SS | R | S |
| 32 | SS | SS | SS | STS | STS | STS | TS | SS | TS | R | STS | TS | SS | STS | S |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|----|----|----|
| 33 | SS | R | S | TS | TS | R | R | S | TS | S | TS | S | S | SS | S |
| 34 | SS | SS | S | STS | TS | R | TS | SS | STS | SS | STS | STS | SS | R | SS |
| 35 | SS | SS | SS | STS | TS | TS | STS | S | STS | R | TS | STS | SS | TS | S |
| 36 | SS | S | R | STS | STS | STS | TS | S | STS | S | STS | R | S | R | S |
| 37 | SS | SS | SS | TS | STS | S | R | TS | STS | SS | STS | R | SS | TS | SS |
| 38 | SS | SS | SS | STS | STS | TS | TS | SS | TS | SS | TS | R | SS | S | SS |
| 39 | S | S | SS | S | TS | R | S | SS | STS | S | TS | R | SS | R | S |
| 40 | SS | S | SS | STS | STS | R | R | SS | STS | S | STS | TS | SS | SS | SS |
| 41 | SS | S | SS | STS | STS | R | R | R | TS | S | TS | R | R | TS | SS |
| 42 | SS | R | S | TS | TS | STS | R | R | TS | R | STS | R | SS | R | TS |
| 43 | SS | SS | SS | STS | STS | STS | STS | SS | STS | SS | STS | R | SS | SS | S |
| 44 | SS | SS | SS | SS | STS | R | R | SS | STS | R | STS | R | S | TS | R |
| 45 | SS | S | SS | STS | STS | STS | S | SS | STS | SS | STS | S | SS | SS | SS |
| 46 | SS | S | S | TS | TS | S | SS | R | TS | TS | TS | R | S | R | S |
| 47 | SS | SS | SS | STS | STS | R | R | SS | STS | SS | TS | S | SS | S | SS |
| 48 | SS | SS | S | R | TS | R | R | TS | TS | S | TS | TS | S | R | TS |
| 49 | SS | S | S | STS | STS | R | TS | S | STS | R | TS | R | S | R | R |
| 50 | SS | S | S | TS | TS | R | TS | S | TS | S | TS | TS | S | R | R |
| 51 | SS | SS | SS | STS | TS | R | TS | S | TS | R | TS | R | S | S | SS |
| 52 | SS | S | S | STS | STS | R | R | TS | STS | R | STS | R | S | R | TS |
| 53 | SS | R | SS | TS | STS | TS | R | R | STS | S | STS | R | SS | R | R |
| 54 | SS | SS | S | STS | STS | S | R | S | STS | R | STS | R | S | S | TS |
| 55 | SS | S | S | STS | STS | R | R | R | TS | R | TS | R | S | R | R |
| 56 | SS | S | S | TS | TS | STS | S | S | STS | S | STS | R | S | R | R |
| 57 | R | S | R | R | R | STS | STS | R | R | S | R | SS | SS | SS | SS |
| 58 | SS | S | SS | TS | TS | S | S | SS | TS | S | TS | R | SS | SS | S |
| 59 | SS | S | S | TS | STS | R | R | S | STS | S | TS | R | S | R | SS |
| 60 | SS | R | R | TS | TS | R | R | R | TS | S | TS | S | TS | TS | TS |
| 61 | SS | SS | S | STS | STS | TS | TS | STS | STS | S | TS | TS | SS | R | R |
| 62 | SS | R | S | STS | TS | TS | R | S | TS | R | R | R | R | R | S |
| 63 | SS | S | SS | TS | TS | R | R | SS | TS | SS | STS | R | S | R | SS |
| 64 | SS | R | S | TS | STS | TS | R | S | STS | S | TS | R | S | R | S |
| 65 | SS | S | SS | SS | SS | S | SS | TS | R | S | R | STS | SS | SS | SS |
| 66 | SS | SS | S | R | TS | R | R | SS | R | S | R | R | S | R | SS |
| 67 | SS | S | S | TS | STS | R | R | SS | STS | S | TS | R | S | R | SS |
| 68 | SS | R | S | S | TS | TS | R | R | TS | TS | TS | SS | R | R | S |
| 69 | SS | R | R | S | R | S | S | R | SS | R | R | S | S | R | SS |
| 70 | SS | R | S | R | TS | TS | R | S | STS | R | TS | R | S | R | SS |
| 71 | S | R | S | R | STS | R | R | R | TS | S | TS | R | S | R | S |
| 72 | SS | TS | S | TS | TS | R | S | S | TS | S | TS | R | S | S | S |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|-----|----|-----|----|
| 73 | SS | SS | SS | STS | TS | TS | R | S | STS | S | TS | R | S | S | SS |
| 74 | SS | S | SS | STS | STS | TS | STS | SS | STS | SS | STS | STS | SS | R | SS |
| 75 | SS | SS | SS | STS | STS | R | R | SS | STS | SS | STS | R | SS | R | SS |
| 76 | S | R | SS | TS | STS | STS | TS | SS | TS | SS | TS | R | SS | STS | SS |
| 77 | SS | R | S | R | R | R | TS | R | TS | R | STS | S | R | R | SS |
| 78 | SS | SS | SS | STS | STS | R | S | S | TS | SS | STS | TS | SS | S | SS |
| 79 | SS | R | S | SS | S | SS | SS | SS | TS | S | TS | R | S | SS | TS |
| 80 | SS | SS | STS | SS | SS | SS | SS | SS | SS | SS | SS | R | SS | S | TS |
| 81 | SS | SS | SS | STS | STS | R | TS | SS | STS | S | STS | R | SS | S | SS |
| 82 | SS | S | SS | STS | STS | TS | TS | SS | STS | S | STS | TS | SS | S | SS |
| 83 | SS | SS | SS | STS | STS | STS | TS | S | TS | SS | STS | TS | SS | S | SS |
| 84 | SS | S | SS | STS | STS | R | TS | SS | STS | SS | TS | STS | SS | SS | SS |
| 85 | SS | SS | SS | STS | STS | TS | S | SS | TS | S | STS | TS | SS | S | S |



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

| | |
|------------------------|---|
| Nama | : I Nyoman Sukajaya |
| NIP | : 196711151993031001 |
| NIDN | : 0015116701 |
| Pangkat / Golongan | : Pembina / IVa |
| Tempat / Tanggal Lahir | : Tabanan, 15 Nopember 1967 |
| Agama | : Hindu |
| Pekerjaan | : Staf pengajar di Jurusan Pendidikan Matematika, FMIPA, Universitas Pendidikan Ganesha |
| Alamat Kantor | : Jurusan Pendidikan Matematika, FMIPA Universitas Pendidikan Ganesha Jl. Udayana 11 Singaraja – Bali Kode Pos: 81113 |
| Nomor Telpon Kantor | : 0362– 25072 |
| Alamat Rumah | : Br. Dinas Babakan, BTN Balai Nuansa Indah F.110 Jl. Srikandi Gang Durian – Singaraja- Bali |
| Nomor Telpon / HP | : - / +628123605546 |
| Email | : nyoman.sukajaya@undiksha.ac.id, suka23511@gmail.com |
| URL | : - |
| Nama Istri | : Ni Luh Runi |
| Nama Anak | : 1. Ni Made Desi Arisandi 2. Komang Ayu Sukma Sri Sucheta |



RIWAYAT PENDIDIKAN

SD Negeri no. 1 Rianggede, Penebel, Tabanan, Bali. Lulus tahun 1980
SMP Negeri Penebel, Tabanan, Bali. Lulus tahun 1983
SMA Negeri 1 Tabanan, Bali. Lulus tahun 1986
S1 Prodi Pendidikan Matematika, MIPA, FKIP-Universitas Udayana. Lulus tahun 1991
S2 Jurusan Teknik Informatika, ITB. Lulus tahun 1999
S3 Jurusan Teknik Elektro, ITS. Terdaftar mulai T.A 2011/2012

RIWAYAT PEKERJAAN

Staf Pengajar Jurusan Pendidikan Matematika, FMIPA Universitas Pendidikan Ganesha, dari tahun 1993 sampai sekarang.

DAFTAR PUBLIKASI

1. Jurnal Internasional Terindeks Scopus

I Nyoman Sukajaya, I Ketut Eddy Purnama, dan Mauridhi Hery Purnomo, *Intelligent Classification of Learner's Cognitive Domain using Bayes Net, Naïve Bayes, and J48 utilizing Bloom's Taxonomy-based Serious Game*, International Journal of Emerging technologies in Learning-IJET Vol. 10 No. 2, Maret 2015, dengan ISSN: 1863-0383, pages. 46-52.

2. Jurnal Nasional Terakreditasi Dikti

I.N Sukajaya, S.M Susiki Nugroho, I.K.E Purnama, Mauridhi H. Purnomo, *A New Approach Of Learners' Assessment Using Bloom's Taxonomy-Based Serious Game* Kursor Scientific Jurnal Universitas Trunojoyo-Madura, ISSN 0216-544 Vol. 8, No. 2, Desember 2015

3. Seminar Internasional

- a. **I.N Sukajaya**, Anik vega Vitianingsih, Supeno Mardi S.N, Ketut Eddy Purnama, Mochamad Hariadi, Mauridhi H. Purnomo, *Multi-Parameter Dynamic Difficulty Game's Scenario Using Box-Muller of Gaussian Distribution*, The 7th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE 2012). Pages: 1666-1671, print-ISBN: 978-1-4673-0241-8, DOI: 10.1109/ICCSE.2012.6295384.
- b. **I.N Sukajaya**, I.K.E Purnama, Mauridhi Hery Purnomo, *K-Means Clustering of Learners' Cognitive Domain Measured using Bloom's Taxonomy-Based Serious Game*, The 1st International Conference on Innovative Research Across Disciplines (ICIRAD2015), Pages: 110-115 ISBN: 978-602-1213-89-6

4. Seminar Nasional

- a. Muhamad Afif Effindi, **I Nyoman Sukajaya**, I Ketut Eddy Purnama, Mauridhi Hery Purnomo, *Sistem Cerdas untuk Klasifikasi Kemampuan Kognitif dengan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*, The 1st Conference on Information Technology and Computer and Electrical Engineering (CITACEE 2013) Pages: 229-232, ISSN: 2338-5154.
- b. Rutih Fahayana, **I Nyoman Sukajaya**, I Ketut Eddy Purnama, Mauridhi Hery Purnomo, *Automatic Leveling Game-Based on Cognitive Domain of Bloom's Taxonomy Using FSM method for The Deaf Children*, The 15th Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (SITIA2014), Pages: 251-255 ISSN: 2355-8636.

PENERIMA HIBAH

1. Bantuan Seminar Luar Negeri

Penerima hibah Bantuan Seminar Luar Negeri: *The 7th International Conference on Computer Science & Education* (ICCSE 2012), July 14-17, 2012, Melbourne, Australia, Keputusan Kuasa Pengguna Anggaran Ditlitabmas Dirjen Dikti Kemendikbud RI nomor: 1325/E5.4/HP/2012 dan Surat Ditlitabmas Dirjen Dikti nomor: 1305/E5.4/LL/2012

2. Program PKPI (*Sandwich-like*)

Peserta program PPKPI mahasiswa S3 Dikti tahun 2013 di Institute for Mathematics and Computing Science, University of Groningen, Bernoulliborg Room 586 P.O. Box 407 9700 AK Groningen, Belanda, tanggal 5 September – 4 Desember 2013, Surat Direktur Diktendik Dirjen Dikti nomor: 980/E4.4/2013.

3. Hibah Penelitian

- a. Hibah Desertasi Doktor dana desentralisasi Dikti tahun 2015, *Penilaian Cerdas Profil Kognitif Pembelajar Matematika Sekolah Dasar dalam Memainkan Serious Game Berbasis Taksonomi Bloom dengan Metode K-Means*, Lampiran Keputusan Direktur Litabmas no.0094/E5.1/PE/2015, tertanggal 16 Januari 2015.
(Ketua Peneliti).
- b. Hibah Bersaing dana desentralisasi Dikti tahun 2015, *Multimedia Manipulatif Cerdas Untuk Menjembatani Hambatan Komunikasi Pada Pembelajaran Sain Anak Berkebutuhan Khusus di Pendidikan Inklusi*, Lampiran Keputusan Direktur Litabmas no.0094/E5.1/PE/2015, tertanggal 16 Januari 2015.
(Anggota Peneliti).
- c. Hibah Bersaing dana DIPA tahun 2015, *Permainan Serious Berbasis Gestur untuk Pengenalan Bilangan dan Bangun Datar Bagi Siswa Sekolah Dasar*, Surat Perjanjian Penugasan Ka. Lemlit Undiksha no. 36/UN48.14/PL/2015 tertanggal 19 Pebruari 2015
(Anggota Peneliti).

4. Hibah Pengabdian Kepada Masyarakat

- a. Hibah Ipteks bagi masyarakat Dirjen Dikti tahun 2014, *I_bM Musyawarah Guru Mata Pelajaran Model Asinkronus di Kabupaten Buleleng*, Lampiran Keputusan Direktur Litabmas no. 0263/E5/2014 tertanggal 27 Januari 2014.
(Ketua Pelaksana).
- b. Hibah ipteks bagi masyarakat Dirjen Dikti tahun 2014, *Pengembangan Perangkat Pembelajaran Elektronik Menentukan Luas Daerah Bangun Datar untuk Anak Berkebutuhan Khusus di Sekolah Inklusi*, Lampiran Keputusan Direktur Litabmas no. 0263/E5/2014 tertanggal 27 Januari 2014.
(Anggota Pelaksana)
- c. Hibah ipteks bagi masyarakat Dirjen Dikti tahun 2015, *I_bM Pelatihan Pengisian Konten Sistem MGMP Model Asinkronus Kabupaten Buleleng*, Lampiran Keputusan Direktur Litabmas no.0094/E5.1/PE/2015, tertanggal 16 Januari 2015.
(Ketua Pelaksana)